


KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Sami Oinonen

Kalanerottelulaite

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014

	<p>OPINNÄYTETYÖ Toukokuu 2014 Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma</p> <p>Karjalankatu 3 80200 JOENSUU p.(013) 260 6700</p>
<p>Tekijä</p> <p>Sami Oinonen</p>	
<p>Nimeke Paineilmakäyttöisen kalanerottelulaitteen prototyypin suunnittelu ja valmistuskuvien teko</p> <p>Toimeksiantaja Eswecom Oy/ Carl Nylander</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Eswecom Oy:n toiveiden mukaisesti kalanerottelulaitteen prototyyppi ja siihen liittyvät valmistuskuvat. Kalanerottelulaite pyrittiin kehittämään olemassa olevien laitteiden sekä toimeksiantajan kokemuksen pohjalta.</p> <p>Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla olemassa olevien mallien ominaisuuksia ja tehtiin kokonaisarvio lopputuotteesta yhteistyössä toimeksiantajan kanssa. Suurimpana muutoksena vastaaviin tuotteisiin on muunneltavissa oleva seula ja paineilmakäyttöinen tärymoottori. Useiden eri mallien ja ideoiden pohjalta päädyttiin lopulliseen prototyypin vaihtoehtoon ja teknisiin ratkaisuihin. Creo Parametric 2.0 -ohjelmistoa käytettiin 3D-suunnittelussa. Valmistuskuvat ja mallivaihtoehdot toteutettiin ohjelmiston avulla.</p> <p>Suunnittelun pohjana olivat Eviran asettamat määräykset sekä toimeksiantajan kokemusperäinen tieto. Rakenteen ja vaatimusten suunnittelussa edettiin soveltuvin osin VDI 2222 -menetelmän mukaan.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin useita eri prototyyppimalleja. Lopulliselle mallille tehtiin valmistuskuvat eri osille sekä kokoonpanoille. Työstä rajattiin pois aloitusajankohdan viivästymisen takia prototyypin testaus.</p> <p>Prototyypin testausvaiheessa täytyy huomioida melun ja värinän aiheuttamat vaikutukset ja tehdä tarvittavat toimenpiteet asetusten mukaan. Seulan tankomateriaalien vaihtoehdot ja muodot voitaisiin huomioida jatkokehitysvaiheessa.</p>	
<p>Kieli</p> <p>Suomi</p>	<p>Sivuja 108 Liitteet 9 Liitesivumäärä 28</p>
<p>Asiasanat</p> <p>suunnittelu, prototyyppi, valmistuskuvat, Evira</p>	



THESIS
May 2014
Degree Programme in Mechanical and
production Engineering
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
p.(013) 260 6700

Author

Sami Oinonen

Title

Pneumatic using fishseparator machine prototype and engineering draws

Commissioned by

Eswecom LTD/ Carl Nylander

Abstract

The aim of this thesis were to design a fishseparator machine prototype and engineering draws according to Eswecom Ltd:s wishes. The fishseparator machines designing is based on an existing models and client´s knowledge.

Designing were started by looking for properties from existing models and making the overall estimate for the final product with client. Modifiable sieve and pneumatic used vibration motor were the biggest changes between this product and existing similar models. The final prototype and technical specifications is based on many different ideas and models. Creo Parametric 2.0 program was used for 3D designing. Program was also used developing engineering draws and different kind of models.

Designing was based on Evira´s commands and clients experiential knowledge. VDI 2222 was used for a structure and requirement list designing.

As a result of this Thesis was a different kind of options about prototype models. From the final model were done engineering draws about different components and assemblies. Start of this project was delayed and that´s why prototype test was limited out of this thesis.

Noise and vibration causes must be observed at some point during prototype testing and if necessary make the proper adjustments after it. Sieve pole´s material options and shapes could be recognized in further developmental phase.

Language

Finnish

Pages 108

Appendices 9

Pages of Appendices 28

Keywords

designing, prototype, engineering draws, Evira

Alkusanat

Haluan kiittää Eswecom Oy:tä ja erityisesti yrityksen perustajaa Carl Johan Nylanderia tämän opinnäytetyöprojektin toteutumisesta. Kiitokset kuuluu myös ohjaaville opettajille lehtori Miska Piiraiselle ja tuntiopettaja Eero Nupposelle. Haluan kiittää myös yrityksiä, joiden kanssa olemme tehneet ansiokasta yhteistyötä. Creo Parametric 2.0 -ohjelmiston käyttöön liittyvistä haasteista ja ratkaisujen saamisesta tahdon kiittää saman vuosikurssin LTKNS10 oppilaita ja erityisesti mekaniikkasuunnitteluun erikoistuneiden ryhmää. Ilman teidän lojaalia apuamme ohjelmiston käyttämisessä, olisi opinnäytetyöprojektin toteutus ollut huomattavasti hankalampaa.

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

1	Johdanto.....	8
2	Toimeksianto	9
2.1	Toimeksiannon kuvaus.....	9
2.2	Toimeksiantajan tiedot	9
2.3	Yritysvierailu.....	10
2.4	Nykytilanne	11
3	Suunnittelua ohjaavat tiedot.....	14
3.1	Vaatimuslista.....	14
3.2	VDI 2222.....	14
3.3	Elintarviketurvallisuusvirasto	16
3.3.1	Materiaalien vaatimukset	16
3.3.2	Desinfiointi	17
3.4	Lujuuslaskemisen merkitys koneensuunnittelussa.....	17
3.5	Värähtely	18
3.5.1	Harmoninen värähtelijä	19
3.5.2	Pakkovärähtelijä	22
3.5.3	Resonanssi	24
3.6	Seisova aalto.....	25
3.7	Haponkestävän teräksen hitsaus.....	27
4	Rakennesien suunnittelu.....	28
4.1	Vaatimuslista kalanerottelulaitteelle	28
4.2	Seula.....	30
4.2.1	Hahmotelmia eri malleista.....	30
4.2.2	Seula 5–10 mm	33
4.2.3	5–10 mm seulan tankokulmien laskenta.....	34
4.2.4	Seula 10–15 mm	36
4.2.5	10–15 mm seulan tankokulmien laskenta.....	36
4.2.6	Seula 14–18 mm	37
4.2.7	14–18 mm seulan tankokulmien laskenta.....	38
4.3	Kalanerottelijan pohjarunko.....	39
4.3.1	Runkomallien vertailua	40
4.3.2	Runkomalli 1	40
4.3.3	Runkomalli 2	41
4.3.4	Runkomalli 3	42
4.4	Syöttökuljetin	43
4.4.1	Syöttökuljettimien vertailu	44
4.4.2	Suppiloratkaisu	45
4.4.3	Vaihtoehto 1	45
4.4.4	Vaihtoehto 2	46
4.5	Värähtelyn toteutusvaihtoehdot	47
4.5.1	Värähtelyvaihtoehtojen vertailu	47
4.5.2	Vaihtoehto 1	48
4.5.3	Vaihtoehto 2	50
4.5.4	Vaihtoehto 3	51
4.6	Tärymoottori	52

4.6.1	Testaus	53
4.6.2	Valinta	56
4.7	Prototyypin hahmotelmat	57
4.7.1	Hahmotelmien vertailu	57
4.7.2	Hahmotelma 1	58
4.7.3	Hahmotelma 2	59
4.7.4	Hahmotelma 3	59
5	Liitokset ja lujuuslaskenta	61
5.1	Laskennan peruseriaatteen	61
5.2	Hitsausliitokset	61
5.3	Ruuviliitokset	64
5.3.1	Leikkauskuormitus	65
5.3.2	Yhdistetty leikkaus- ja vetokuormitus	66
5.3.3	Palamurtuminen	67
5.4	Lujuuslaskenta kalanerottelijassa	68
5.4.1	Taivutusjännityksen laskenta pyörötangolle	68
5.4.2	Taipuman määrittäminen pyörötangolle	71
5.4.3	Taivutusjännityksen laskenta putkitangolle	73
5.4.4	Taipuman määrittäminen putkitangolle	74
5.4.5	Taivutusjännityksen laskenta kiinnittimille	75
5.4.6	Taipuman laskenta tankojen kiinnittimille	76
5.4.7	Välirungon taivutusjännitysten laskenta	78
5.4.8	Välirungon taipuman laskenta	79
5.4.9	Kiinnityskorvakon kestävyys	80
5.4.10	Nivelpultin kestävyys	82
6	Fysikaalinen suunnittelu ja komponenttien valinnat	84
6.1	Lehtijousen ja korvakon kiinnitys	84
6.2	Resonanssitaajuus kierrejouselle	85
6.3	Tankoprofiilin valinta	87
6.4	Jäykän tangon aallonpituus	88
6.5	Lehtijousien valinta	89
6.6	Ruuvien valinta	90
7	Kalanerottelulaitteen prototyyppi	92
7.1	Syöttökuljetin	92
7.2	Pohjarunko	93
7.3	Välirunko	93
7.4	Proton värähtelyn toteutus	95
7.5	Prototyyppi	96
8	Valmistus	99
8.1	Rungon valmistus	99
8.2	Kulmansäätömekanismi	99
8.3	Tärymoottorin kiinnitys	99
8.4	Syöttökuljettimen valmistus	100
8.5	Liikuteltavuus	101
8.6	Valmistuskuvat	101
8.7	Valmistuslaitetta koskevat säädökset melupäästöistä	101
8.8	Valmistuslaitetta koskevan värinän huomioiminen	102
9	Pohdinta	103
9.1	Työn eteneminen	103
9.2	Projektin tiedot ja eettisyys	103

9.3	Teorian ja käytännön yhteys kalanerottelulaitteessa.....	104
9.4	Kehitysideat.....	104
9.5	Ammatillinen kasvaminen työn edetessä.....	106
Lähteet.....		107

Liitteet

Liite 1	Fischtechnik
Liite 2	Polyamidi
Liite 3	Aisi 316
Liite 4	P3-Topax® 30
Liite 5	P3-Topax® 66
Liite 6	Tärymoottori VP 16
Liite 7	Lehtijousikomponentti
Liite 8	Tukijalka/ kulmansäätökomponentti
Liite 9	Hitsaus-, kokoonpano- ja piirustuskuvat

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheen valinta sijoittui kevääseen 2013, jolloin Eswecom Oy otti yhteyttä Karelia ammattikorkeakouluun. Aiheesta kiinnostuneet saivat tarkempia tietoja. Lopulliseen valintaan vaikuttivat sekä aikataululliset seikat että kiinnostus haastavan projektin läpi viemiseen. Päädyin ottamaan projektin vastaan ja lähteä kehittämään kalanerottelulaitetta.

Projektin etenemistä ohjattiin hyvin selkeästi Elintarviketurvallisuusviraston toimesta sekä toimeksiantajan kokemuksen, että vaatimusten mukaan. Suunnittelun lähtökohtina käytettiin vaatimuslistaa ja sen aiheuttamia rajoitteita noudatettaisiin mahdollisimman hyvin. Soveltuvin osin suunnittelua ja rakenteellisten seikkojen esittelyä pyrittiin viemään läpi VDI 2222 -tuotekehitysmenetelmän mukaan.

Työn pääasiallinen tavoite oli seulamallin suunnittelu ja rakenteen toteuttaminen niin, että prototyyppi pystytään rakentamaan. Lopullisen prototyypin yksittäisten osien valmistuskuvat jätettiin julkaisematta toimeksiantajan kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti. Merkittävässä roolissa oli ratkaista täryn saattaminen seularakenteeseen niin, että prototyypin testausvaiheessa voitaisiin toimivuus hienosäätää kohdalleen. Tärkein seikka toteutettavuuden suhteen olikin valmistuskuvien teko riittävissä määrin toimeksiantajan toiveiden mukaisesti. Opinnäytetyöprojektin suhteen toteutettiin riittävä määrä fyysisiä ja lujuudellisia ratkaisuvaihtoehtoja, joiden pohjalta voitiin ratkaista rakenteiden kestävyys ja toimivuus. Liitosten lujuuslaskentaa suoritettiin vain kriittisimpien kohteiden osalta.

Liitteistä löytyy kokoonpanokuvia, hitsikuvia ja niiden sisältämät osaluettelot. Tiedoista löytyy myös tärkeimpiä desinfiointiin liittyviä yksityiskohtia sekä valmiskomponenttien tekniset tiedot ja piirustukset. Tärkeitä yksityiskohtaisempia tietoja ovat myös käytettävien materiaalien tekniset tiedot, jotka löytyvät myös liitetiedostoista.

2 Toimeksianto

2.1 Toimeksiannon kuvaus

Toimeksiannon tavoitteena on suunnitella kalanerottelulaitteen prototyyppi Eswecom Oy:n toiveiden mukaisesti. Kalanerottelulaite suunnitellaan niin, että ammattikalastajat voisivat käyttää sitä kalastusaluksillaan. Toisessa vaiheessa eri kalastusyritykset käyttävät laitetta myös toimitiloissaan ja markkinoita laajennetaan myös ammattikalastajien tarpeet huomioiden. Laite on siirrettävä ja muunneltavissa erikokoisen kalan erotteluun. Opinnäytetyön tulee olla sellainen, josta selviää laitteen kokoonpanokuvat ja tarkat yksityiskohtaiset tiedot niin, että prototyypin valmistaminen on mahdollista toteuttaa. Toimeksiannon tavoitteena on toteuttaa testausta ja suunnittelua mahdollisimman tarkasti käytettävän ajan puitteissa. Varsinaisen prototyypin valmistus ja valmiin tuotteen testaus ei kuulu tähän opinnäytetyöhön.

2.2 Toimeksiantajan tiedot

Eswecom Oy on Outokummussa vuonna 1995 perustettu yritys, jonka perustaja on Carl Johan Nylander. Sen pääasiallinen toimiala on tällä hetkellä sivutuotteeksi jäävän suomalaisen järvikalan kuivaaminen eläinten rehuksi. Pääasialliset kalalajit ovat muikku (*coregonus albula*) ja kuore (*osmerus eperlanus*) (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2014.) Viime aikoina yritys on keskittynyt pääasiassa eläimille tarkoitetun rehun valmistukseen, minkä takia muut yrityksen kaupparekisteriin merkatuista toimista ovat jääneet sivummalle. Yritys työllistää vakinaisesti kolme tai neljä henkilöä riippuen yrityksen tarpeesta kulloisellakin hetkellä. Välillisesti vuokratyövoimana yrityksellä on n. 20 työntekijää. (Eswecom Oy 2014.)

Eswecom Oy on toiminut alihankkijana Valukumpu Oy:lle yli 11 vuoden ajan. Automaatiosoinnin myötä kyseinen alihankintapalvelu pieneni kannattomaksi. Eswecom Oy päätti tämän seurauksena aloittaa kotimaisen järvikalan kuivauksen ja markkinoinnin kotimaan lemmikkieläinkauppaketjuihin. Tärkeimmät asiakkaat ovat: Musti ja Mirri Oy (Yhteensä 119 eri liikettä ympäri Suomea), Lemmikkikeskus Oy (5 liikettä eri kaupun-

geissa), Koiratar Oy, (Riihimäellä sijaitseva tukkuliike), Turun Lemmikkiasema Oy (Turku), Tujoma Oy, (Hämeenlinnassa sijaitseva tukkuliike) ja Lemmikkieläinkaupat (100 liikettä ympäri Suomea). (Eswecom Oy 2014.)

2.3 Yritysvierailu

Kävimme toimeksiantajan kanssa vierailemassa Liperissä Kalatukku H. Malinen Oy:ssä. Yritys valmistaa kalatuotteita elintarvikekäyttöön. Vierailun aikana selvisi, kuinka tärkeitä ovat oikeat materiaalivalinnat, sisätilojen siisteys ja laitteiden desinfiointi. Kuivaamoa Malinen on myös suunnitellut, koska kalasta jää paljon hukkaan sivutuotetta esim. kalan pää, selkäranka (mihin jää paljon myös lihaa) ja kalan nahka (kuva 1). Vuodessa pelkästään Kalatukku H. Malinen Oy:ltä kalaa jää noin 100 000 kg hukkaan sivutuotetta. Malinen onkin suunnitellut kuivaamoa, missä hukkaan menevän kalanperkuujätteen voisi jauhaa ja tämän jälkeen puristaa kiinteäksi. Kiinteä pala voitaisiin kuivata ja siitä saataisiin eläinrehua tai vaikka energian lähteeksi polttolaitoksiin. Ongelmana on kuitenkin, että rehun valmistusta ei voida toteuttaa samoissa tiloissa kuin elintarviketuotteen valmistusta. (Malinen 2014.)



Kuva 1 . Kalanperkuujätettä Kalatukku H. Malinen Oy:ltä (Rantakangas 2014).

2.4 Nykytilanne

Kalanerottelulaitteita löytyy isommassa mittakaavassa erilaisista suuremmista tuotanto-laitoksista. Pääasiassa ne ovat sähkökäyttöisiä ja suurikokoisia, mutta myös pienempiä on olemassa, esimerkiksi Sterner Fish Tech as:lla. (Kuvat 2–4).



Kuva 2 . Apollo (Sternen fish tech as 2014).



Kuva 3 . Fischtechnik (Sternen fish tech as 2014).



Kuva 4 . Milanese (Sternen fish tech as 2014)

Pyörivään liikkeeseen perustuvia ja pyörötangolla varustettuja koneita on olemassa sähkökäyttöisenä muun muassa Afak Techniek BV:lla (kuva 5). Ne ovat sovellettavissa eri kokoluokan kalalle, mutta laitteen siirreltävyys on heikko. (Afak Techniek BV 2010.) Käytännön kokemuksiin perustuen pyörivä liike aiheuttaa kalassa sen lihan hienoista murskautumista, joka ei ole suotavaa lopputuotteen kannalta (Eswecom Oy 2014).



Kuva 5 . Sähkökäyttöinen kalanerottelulaite (Afak Techniek BV 2010).

Liukuhihnaratkaisulla ja veden kanssa toimivia kalanerottelulaitteita on olemassa muun muassa Fischtechnik international gmbh:lla (kuvat 6 & 7). Laitteet toimivat monelle eri kokoluokan kalalajille, mutta tapaukseemme liittyen miinuksena sähkökäyttöisyys. Eroteltavat kalat ovat pääasiassa myös eläviä. Tuotteet tulevat täysin varusteltuina ja varaosien saatavuus on hyvä (liite 1). (Fischtechnik international engineering GmbH 2014.)



Kuva 6 . Liukuhihna ja vesikäyttöinen erottelija (Fischtechnik international engineering GmbH 2014).



Kuva 7 . Liukuhihna ja vesikäyttöinen kalanerottelija (Fischtechnik international engineering GmbH 2014).

3 Suunnittelua ohjaavat tiedot

3.1 Vaatimuslista

Vaatimuslistan tarkoituksena on listata kaikki tärkeät seikat, joihin tulee kiinnittää huomiota laitetta suunniteltaessa. Vaatimuslistaan tulee merkitä myös kaikki tekniset rajoitukset, jotka tulevat ohjaamaan suunnittelua. Tuotteen toimivuus ei pelkästään ole ainut riittävä seikka, koska muutkin vaatimukset olisi kuitenkin täytettävä. Vaatimuslista listaa kaikki rajoittavat tekijät, joita voivat olla niin direktiivit kuin elintarvikkeille asetetut vaatimukset tai pelkästään jo rahalliset resurssit. Tärkeitä seikkoja ovat myös tuotteen valmistettavuus sekä materiaalit, jotka ovat tällaisissa tapauksissa keskiössä onnistuneen lopputuotteen valmistumisessa. Vaatimuslistan kokoamisella saavutetaan tuotteen määrittely, joka kuvaa tuotteen käytön ja valmistettavuuden rajat selkeästi. (Wikipedia 2014.)

Vaatimuslistassa luokitellaan erilaiset vaatimukset kolmeen eri luokkaan. Tärkeimpänä ovat kiinteät vaatimukset (KV), joiden on täytyttävä mahdollisuuksien mukaan kaikissa eri tilanteissa. Seuraavassa vaiheessa ovat vähimmäisvaatimukset (VV), joiden on toteuduttava mahdolliseen vähimmäisarvoonsa asti. Kolmannessa vaiheessa ovat toivomukset (T), jotka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan ja niissä sallitaan tietty lisäkustannus. Vaatimuslista on osa koneensuunnittelussa käytettyä VDI 2222 -systemaattista tuotekehittelymetodia. (Tuomaala 1995, 75 & 80.)

3.2 VDI 2222

VDI 2222 eli Verein Deutscher Ingenieure, joka on läheisemmin koneenrakennuksen tuotekehitysmenetelmä. Kyseessä on tuotekehityksen prosessi, jota sovelletaan useampiin toimialoihin. Sitä käytetään koneenrakennuksessa, laitekehittelyssä, ohjelmistojen kehityksessä ja monenlaisissa uusien laitteistojen ja komponenttien kehitystyössä. Menetodi on kehitetty 70-luvulla saksalaisten insinöörien toimesta. Fritz Kesselring toimi työryhmän vetäjänä ja tuotekehitysprosessin lähtökohtina oli työryhmän insinöörien mittava käytännön kokemus erilaisten laitteistojen käytännöistä ja suunnittelusta. Tuo-

tekehitysprosessin tarkoituksena oli saada enemmän teoreettista pohjaa koneenrakennukselle. Prosessin vaiheet jakautuvat neljään osaan. Ensimmäiseksi tuotteen tai laitteen selkeyttämiseen ja seuraavina käsitteelliseen, ilmentävään ja yksityiskohtaiseen suunnitteluun (kuva 8). (Jänsch & Birkhofer 2006, 47–48).

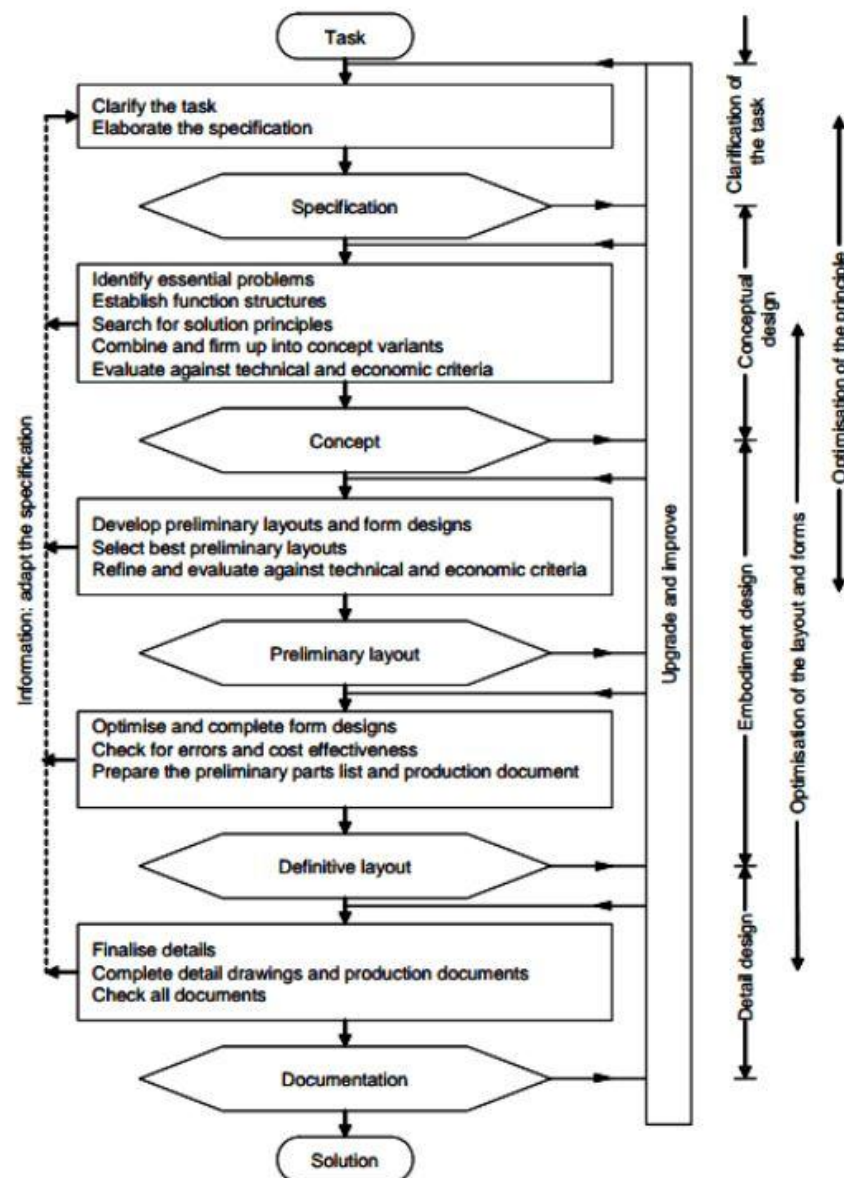


Figure 3. Guideline VDI 2222 [VDI-Richtlinie 2221 1993]

Kuva 8 . VDI 2222 prosessin vaiheet (Jänsch & Birkhofer 2006, 48).

Menetelmää käytettiin soveltuvien osien kalanerottelulaitteen suunnittelussa. Opinnäytetyöprojekti etenee vaihe vaiheelta kuvan 8 mukaisesti ja sen määritelmien osia käytettiin muun muassa eri mallien vertailussa ja vaatimuslistan toteutuksen osalta.

3.3 Elintarviketurvallisuusvirasto

”Elintarviketurvallisuusvirasto Evira aloitti toimintansa 1.5.2006. Virasto muodostettiin yhdistämällä maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalla Elintarvikevirasto, Eläinlääkintä- ja elintarviketutkimuslaitos ja Kasvintuotannon tarkastuskeskus.” (Evira 2014.)

Eviran pääasiallisena tehtävänä on taata laajat ja monipuoliset elintarvikkeiden turvallisuutta ja laatua koskevat direktiivit yhteistyössä Euroopan Unionin asetusten kanssa. Elintarvikkeiden turvallisuutta valvotaan muun muassa erilaisten tautien ehkäisemiseksi niin kasvien kuin eläintenkin osalta. (Evira 2014.)

3.3.1 Materiaalien vaatimukset

Rakenteet ja tilat, joissa kalaa käsitellään, tulee olla hygieenisesti sillä tasolla, että ulkoisesti vaarantavat tekijät, kuten sateet ja erilaiset lintujen ulostekontaminaatiot eivät pääse altistuksiin kalatuotteen kanssa. Materiaalien ja tilojen on oltava ehjiä, sekä helposti puhdistettavia. Materiaalit ovat sileitä ja ruostumattomasta teräksestä valmistettuja ja, jotka ovat eheydeltään laadukkaita. Tilojen ja laitteiden, joissa kalaa käsitellään, tulee olla pelkästään kalastustoimintaan suunniteltuja. Kemikaalien ja polttoaineiden säilytys tulee olla suunniteltu niin, että ne eivät pääse liukenemaan kaloihin, eikä koskeuksiin niiden kanssa. (Rahkio & Mustalahti. 2012.)

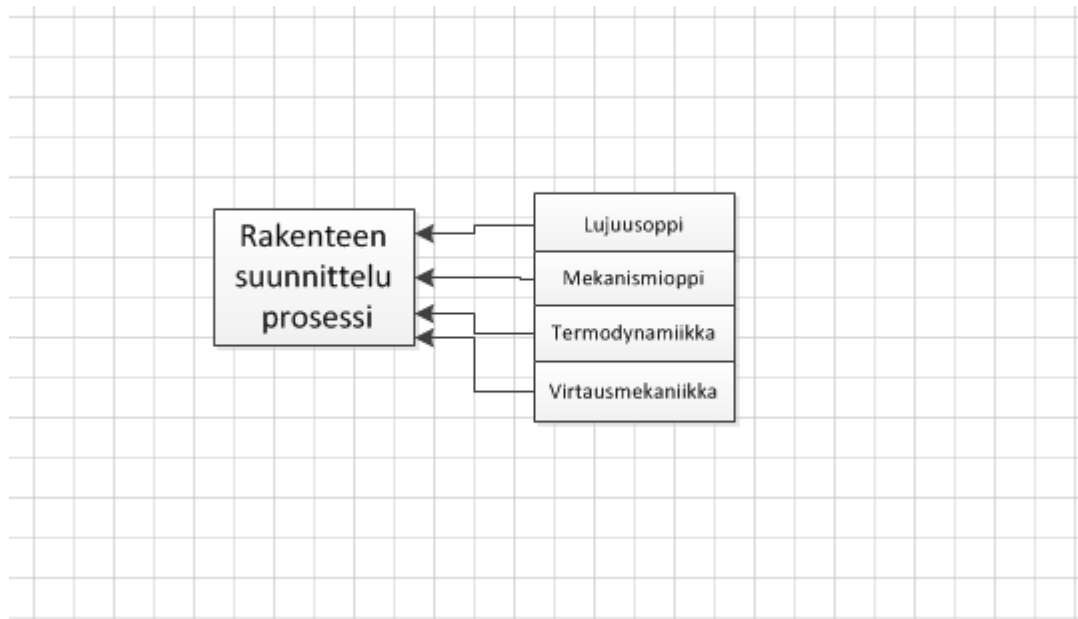
Yhteistyössä opinnäytetyön toimeksiantajan ja elintarviketurvallisuusviraston vaatimusten mukaisuuksia noudattaen valitaan kalanerottelulaitteeseen sopivat materiaalit. Tärkeimpänä seikkana oli valita sellaisia materiaaleja, jotka voidaan puhdistaa ja pitää siinä kunnossa, että myös meriveden ja kaiken suolaisen veden vaikutukset minimoidaan. Tällaisia materiaaleja ovat muun muassa Polyamidi ja teräksistä aisi 316/1.4401 (liitteet 2 & 3). (Eswecom Oy 2014.)

3.3.2 Desinfiointi

Tuotantoketjun kaikissa eri vaiheissa tai tiloissa, jossa kalatuotetta käsitellään, pitää varmistaa riittävä desinfiointi ja materiaalien puhtaana pito. Materiaalien desinfiointi on suoritettava tarkoituksen mukaisella puhdistusaineella. Elintarvikkeille hyväksyttäviä puhdistusaineita on kevyempään puhdistukseen esimerkiksi Ecolab Oy:n P3-topax® 30 (liite 4). Tilojen vaatiessa kovempaa ja tarkempaa mikrobien puhdistusta, voidaan käyttää esimerkiksi Ecolab Oy:n P3-Topax® 66 (liite 5). (Malinen 2014.)

3.4 Lujuuslaskemisen merkitys koneensuunnittelussa

Koneet ja laitteet suunnitellaan niin, että niiden tulee kestää tietty käyttöikä. Käyttöiän ennusteeseen perustuu takuuajat, jonka aikana ne eivät saa rikkoutua. Rakenteen toimimattomuus saattaa olla varma merkki siitä, että rakenne ei pysty toimimaan käyttötarkoituksensa mukaan sen vaatimalla tavalla. Vaurioita aiheuttavia olosuhteita pyritään ennalta arvioimaan mahdollisimman paljon, mutta monestikaan se ei ole mahdollista. Suunnittelijan keskeisimpiä ongelmia onkin saada mahdollisimman tarkka ennakoitavuus siitä, millaisia rasituksia ja vaatimuksia rakenteelle lopputuotteessa tulee asettumaan. Matemaattiset sovellutukset ovat varsin keskeisessä roolissa koneensuunnittelijan arkea ja ne voisivat olla eroteltuna eri aloihin kuuluvina. (kuva 9). (Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius & Välimaa 1995, 9–13.)



Kuva 9 . Suunnitteluprosessi ja siihen liittyviä laskentamalleja (Airila ym. 1995, 9).

Lujuusopillisilla laskelmilla pyritään saamaan ennakkotietoa rakenteen käyttäytymisestä erilaisissa kuormitustilanteissa ja ennakoimaan rakenteen heikkoja kohtia. Yleisesti ottaen laskelmat kohdistuvat tässä vaiheessa abstrakteihin malleihin - ei todellisiin rakenteisiin. Suunnittelija joutuu idealisoimaan erilaisia tapauksia niin matemaattisissa malleissa, kuormitustapauksissa kuin materiaalienkin valinnassa. Voimien ja erilaisten kuormitusten todellista tilaa ja käyttäytymistä on erittäin hankalaa arvioida. Suunnittelijan päätökseksi jääkin viimeisessä vaiheessa analysoida laitteistojen antamat vastaukset ja päättää, vaikuttavatko ne lopullisiin ratkaisuihin vai ei. Suunnittelutyössä on tärkeää ymmärtää yhteydet konkreettisten ja abstraktien tilojen välillä. (Airila ym. 1995, 9–13.)

3.5 Värähtely

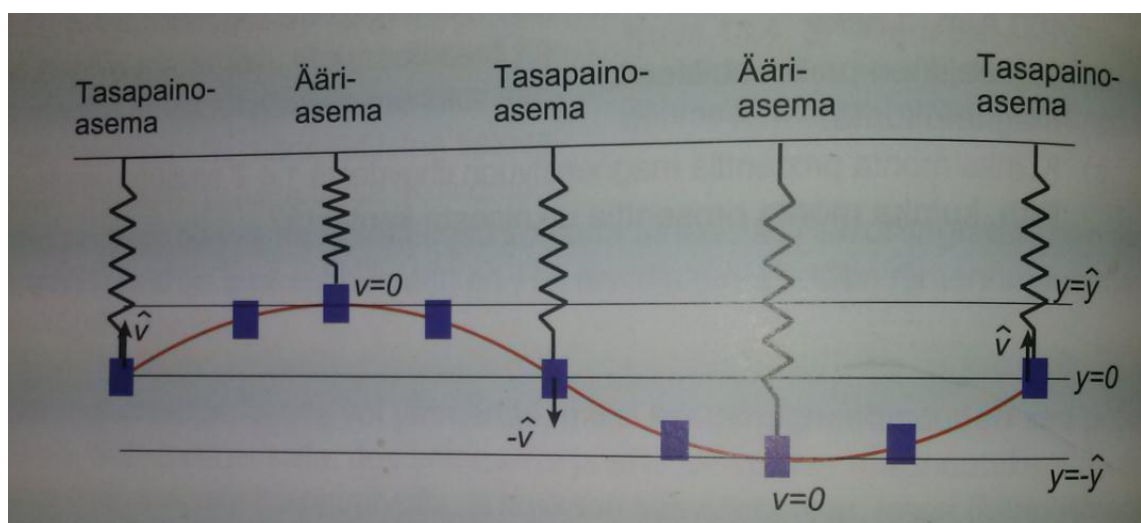
Värähtely on yleisesti luonnonilmiö, jota esiintyy monessa inhimillisessäkin toiminnoissa. Esimerkiksi ihmisen kuulo perustuu tärykalvoilla tapahtuvaan värähtelyyn. Koneissa esiintyvien värähtelyiden peruserä on pyörivien osien epätasapainossa sekä liikuvien edestakaisten liikkeiden aiheutuissa vaikutuksissa. Värähtelyä esiintyy melkein kaikissa laitteissa ja se on erittäin haitallista koneille. Värähtely aiheuttaa rakenteissa erilaisia väsymisvaurioita vaihtelevien jännityksien takia. Värähtely aiheuttaa usein myös meluvaurioita, sekä työstössä huonolaatuista työnjälkeä. Värähtelyille alttiissa

kohteissa tulee kiinnittää huomioita esimerkiksi liitoselimien löystymiseen, joka tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. (Lähteenmäki 2014.)

Värähtely aiheuttaa ja synnyttää haittoja, joita pyritään pienentämään värähtelyamplituidien ja ympäristöön siirtyvien voimien pienentämisellä. Tämän jälkeen ne voidaan ajatella merkityksettömiksi. Koneille tyypillisesti käyttönopeuksien kasvaessa myös värähtelyn määrä kasvaa. Tärkeää on huomioida koneiden ja ennen kaikkea rakenteiden suunnittelussa se, että lujuusominaisuuksien parantuessa materiaalien paino yleisesti ottaen laskee parempien materiaalien myötä. Samalla värähtelyherkkyys kasvaa. (Lähteenmäki 2014.)

3.5.1 Harmoninen värähtelijä

Harmoninen värähtely voi olla vaimenematonta tai vaimenevaa riippuen siitä, muuttuuko amplitudi määrätyn ajanjakson aikana. Harmonisessa värähtelyssä voima \vec{F} on harmoninen, jos se voidaan olettaa olevan suoraan verrannollinen poikkeamaan tasapainoasemasta: $\vec{F} = -k\vec{y}$. Tässä tapauksessa värähtelijää, johon kohdistuu palauttava voima \vec{F} , joka on harmoninen, voidaan kutsua harmoniseksi värähtelijäksi. (Peltonen, Perkkiö & Vierinen 2000, 66–72.)



Kuva 10 . Harmoninen värähtelijä (Peltonen ym 2000, 66).

Harmonisen värähtelijän liikkeestä Newtonin II lain mukaan (kuva 10) värähtelijälle saadaan $ma = F_j$, jossa m on värähtelijän massa, F_j jousivoima ja a värähtelijän kiihtyvyys. Jousi ajatellaan olevan ideaali, jolloin siihen kohdistuvat riittävän pienillä venymillä y voidaan olettaa jousivoiman olevan harmoninen. Tällöin voima voidaan ilmoittaa muodossa $F_j = -ky$, jossa k ilmaisee jousen jousivakiota. Kiihtyvyys voidaan tällöin ilmoittaa nopeuden derivaatalla ajan suhteen, $a(t) = \dot{v}(t)$, ja täten nopeus paikan derivaatan mukaan on: $v(t) = \dot{y}(t)$ eli

$$a(t) = \frac{d}{dt} \dot{y}(t) = \ddot{y}(t). \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 207.)}$$

Kiihtyvyys on tässä tapauksessa paikan toinen aikaderivaatta. Tästä saatu tulos sijoitetaan harmonisen voiman lausekkeen kanssa värähtelijän Newtonin II lakiin. Saatu yhtälö jaetaan massalla ja termit ryhmitellään selvempään muotoon, jolloin saadaan

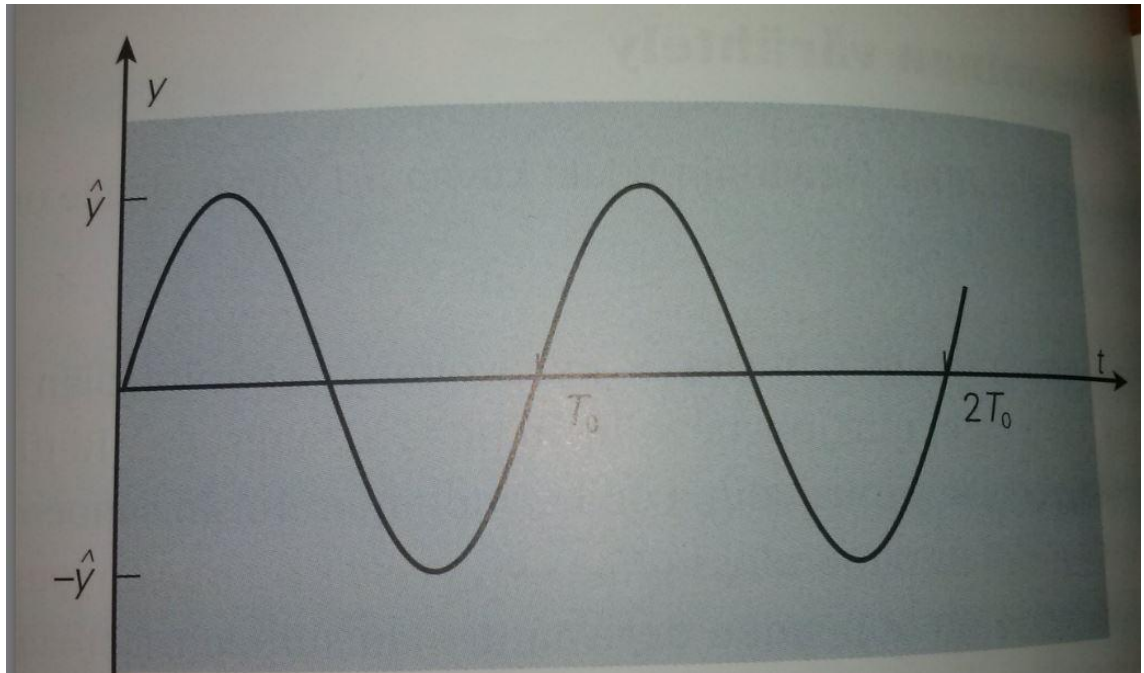
$$\ddot{y} + \frac{k}{m}y = 0. \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 207.)}$$

Värähtelijän poikkeaman valitseminen hetkeen, jolloin se on nolla ja nopeus tällöin positiivinen, saadaan differentiaaliyhtälöstä ratkaisu, joka on

$$y(t) = \hat{y} \sin \omega_0 t. \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 207.)}$$

Värähtelyn amplitudia ilmaisee \hat{y} . Tuloksista saadun voiman alainen liike kuvaa kappaleen harmonista värähtelyä. Se ilmaisee värähtelijän paikan ajan funktiona, joka näkyy myös kuvassa 11. Kulmataajuus ilmoitetaan suureen ω_0 avulla ja se saadaan kaavasta, joka on

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}. \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 207.)}$$



Kuva 11 . Harmoninen värähtely (Suvanto & Laajalehto 2008, 208).

Kulmataajuuden yksikkö ilmaistaan 1/s, kuten taajuuksilla, mutta hertseinä niitä ei tule ilmoittaa. Määräytymistä kulmataajuudelle voi verrata kuvasta 11. Sinifunktiosta saadaan selville harmonisen värähtelyn jaksonaika, joka tulee kaavasta

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi * \sqrt{\frac{m}{k}}. \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 207.)}$$

Jaksonajan suuruus määräytyy hyvinkin suureksi, jos värähtelijän vauhdin ja liikesuunnan muuttaminen kestää pitkään. Jousen ollessa löysä (jousivakio k on pieni), se ei pysty pakottamaan painoltaan raskasta kappaletta (massa m = suuri) värähtelemään nopeasti. Värähtelyn taajuus $f_0 = 1/T_0$ on tällöin

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{k}{m}}. \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 208.)}$$

Harmonisen värähtelyn taajuus riippuu amplitudista osana systeemin kokonaisuutta ja ennen kaikkea sen ominaisuuksista. Tarkoituksena sillä on ilmaista kappaleen luonnollinen värähtelyn taso, kun ulkoisia värähtelyn aiheuttajia ei ole. Taajuus f_0 kuvaa systeemin ominaisvärähtelyä ja tästä syystä sitä kutsutaan systeemin ominaistaajuuudeksi.

Merkinnät ω_0 ja T_0 ilmaisevat systeemin ominaiskulmataajuuden ja ominaisjaksonajan. (Suvanto & Laajalehto 2008, 208.)

3.5.2 Pakkovärähtelijä

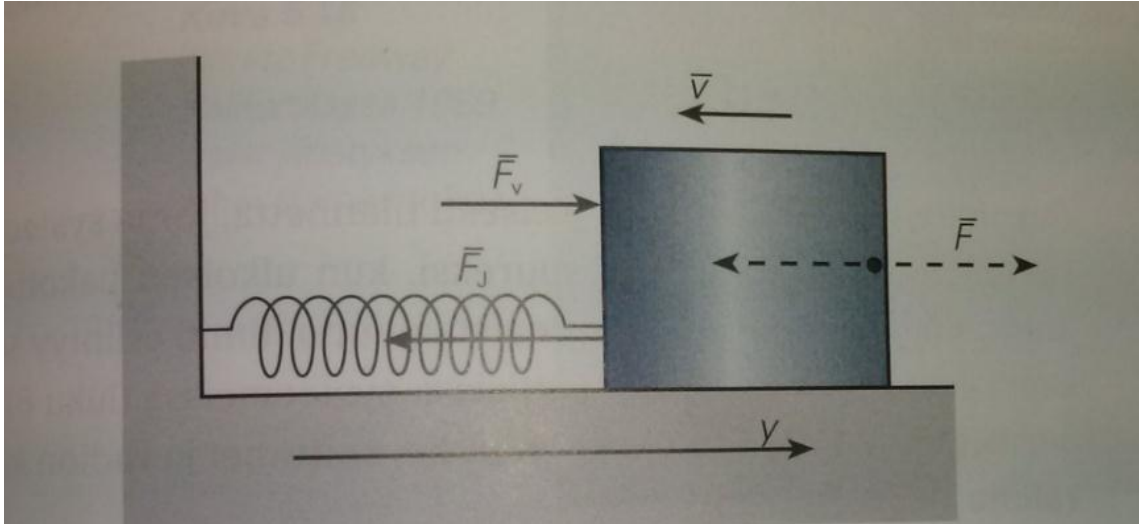
Pakkovärähtely perustuu ulkoisen voiman aiheuttamaan toistuvaan värähtelyyn. Esimerkiksi maanjäristykset aiheuttavat rakenteille ja silloille pakkovoimia ja tätä voidaan silloin ajatella pakkovärähtelyksi. Mikäli pakkovoima muuttuu jaksollisesti, on voiman kaava seuraava

$$F(t) = \hat{F} \sin \omega t,$$

jossa \hat{F} on pakkovoiman saavuttama huippuarvo ja ω on pakkovoiman kulmataajuus. Huomionarvoista on se, että kulmataajuus ilmaisee voiman vaihtelun nopeuden, mutta välttämättä se ei ole sama kuin rakenteen ominaiskulmataajuus. (Suvanto & Laajalehto 2008, 225.)

Pakkovoima aiheuttaa värähtelevässä laitteessa pakkovärähtelyä. Esimerkkitapauksessa (kuva 12) värähtelevään kappaleeseen vaikuttavia voimia ovat jousivoima, väliaineen vastus ja edellä mainittu sinimuotoinen pakkovoima \hat{F} .

Pakkovärähtely tapahtuu sinimuotoisena ja kulmataajuudella ω . Voiman sekä värähtelyn taajuus saadaan kaavasta $f = \frac{\omega}{2\pi}$. (Suvanto & Laajalehto 2008, 225.)



Kuva 12 . Pakkovärähtelijä (Suvanto & Laajalehto 2008, 225)

Värähtelyn amplitudi saadaan kaavasta:

$$\hat{y} = \frac{\hat{F}}{m \sqrt{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}},$$

m = Värähtelijän massa

ω_0 = Vaimenemattoman systeemin kulmataajuus

δ = Vaimennuskerroin (Saadaan vastuskertoimen yhtälöstä $\frac{b}{2m}$)

Samasta esimerkistä voidaan laskea vielä nopeudelle huippuarvo seuraavasta kaavasta

$$\hat{v} = \frac{\hat{F}}{m \sqrt{\frac{(\omega^2 - \omega_0^2)^2}{\omega^2} + 4\delta^2}}. \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 225–226.)}$$

3.5.3 Resonanssi

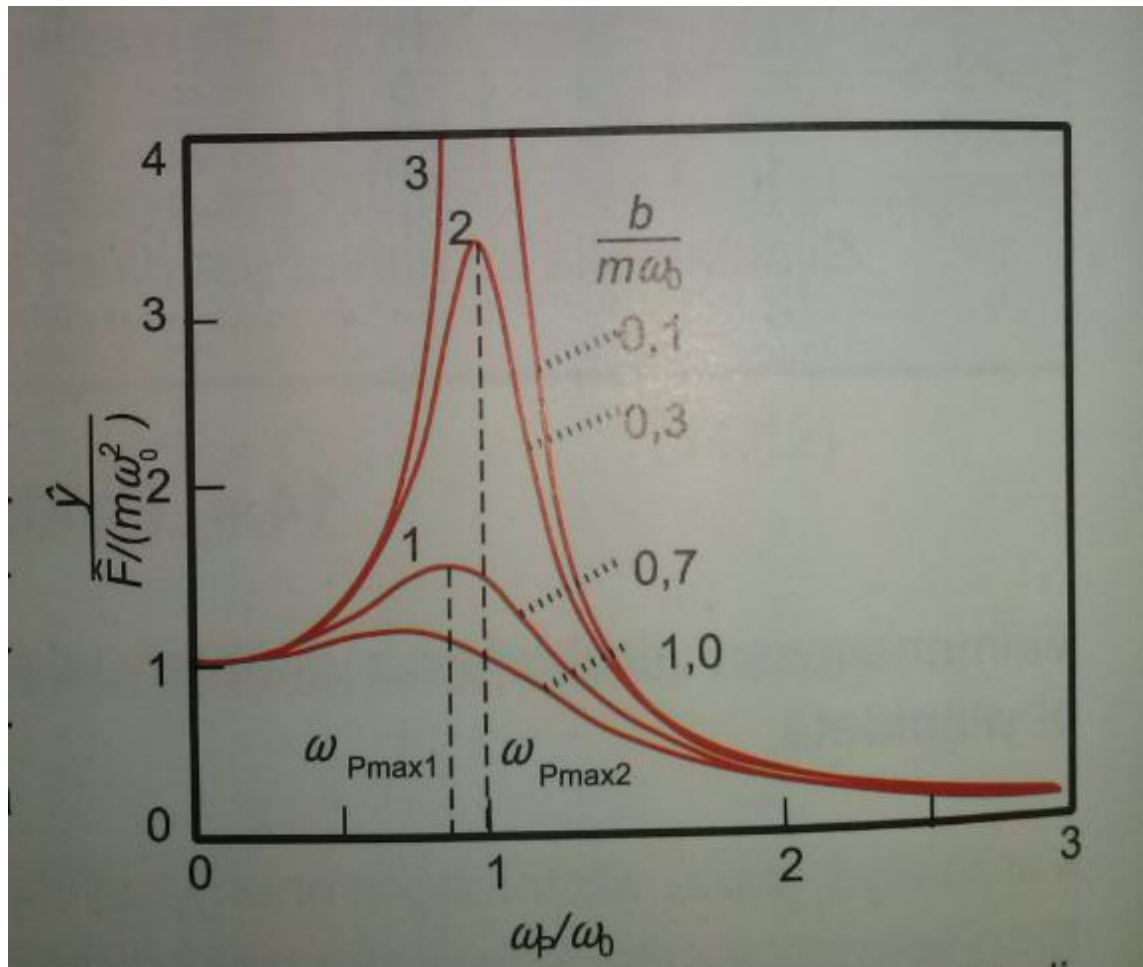
Resonanssilla tarkoitetaan tilannetta, jossa laitteiston värähtelyn amplitudi kasvaa suureksi, kun ulkoisen voiman tai pakotteen taajuus on lähellä systeemin ominaistaajuutta. Resonanssi ilmiötä esiintyy niin mekaanisissa kuin sähkömagneettisissakin systeemeissä. Resonanssi on monesti helppo havaita käytännössä, koska se ilmenee usein räminänä ja tärinänä, jotka aiheuttavat pitkään jatkuessaan paljonkin tuhoa. (Suvanto & Laajalehto 2008, 226.)

Resonanssikäyrästöjen avulla saadaan ilmaistua värähtelyn amplitudia pakkovoiman taajuuden funktiona, joka on esitetty kuvassa 13. Pakkovoiman ollessa lähellä vaimenemattoman järjestelmän ominaistaajuutta, voidaan pakkovoiman arvo laskea seuraavasti

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi},$$

jolloin värähtelyn amplitudi on suurimmillaan. Järjestelmän voidaan puhua olevan amplitudiresonanssissa. Amplitudiresonanssia vastaavan resonanssitaajuuden tarkka arvo saadaan vaimenevan harmonisen värähtelijän kaavasta

$$f_{res} = \left(\sqrt{f_0^2 - \frac{\delta^2}{2\pi^2}} \right). \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 226.)}$$

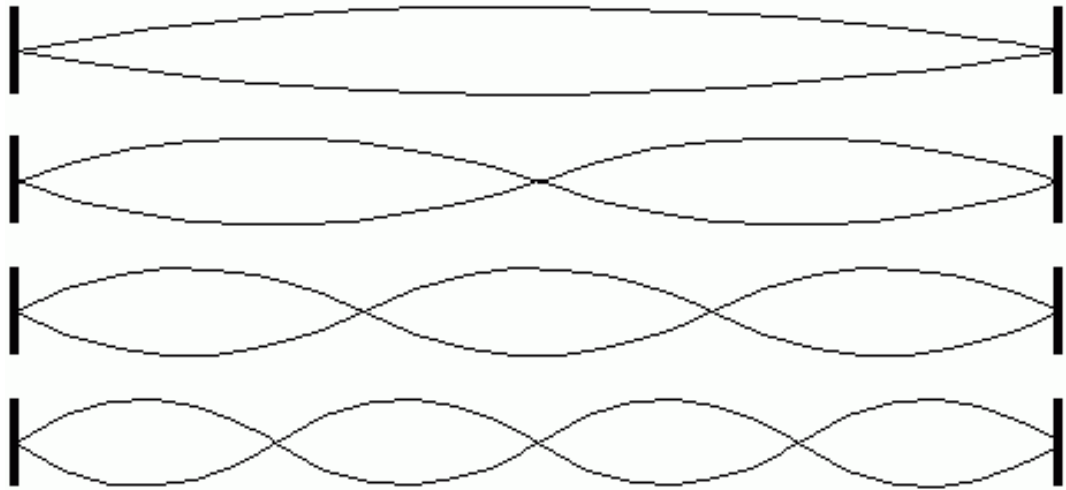


Kuva 13 . Resonanssikäyrät pakkovärähtelyn amplitudin sekä pakkovoiman kulma-
taajuuden suhteen (Peltonen ym. 2000, 77).

3.6 Seisova aalto

Seisova aaltoliike kuuluu interferenssin erikoistapauksiin. Interferointi tapahtuu kahden samalla taajuudella ja vastakkaisiin suuntiin etenevien aaltojen välillä. Seisova aalto syntyy useimmiten aallon heijastumisesta, jolloin alkuperäinen ja heijastunut aalto ovat nämä kaksi vastakkaisiin suuntiin etenevää aaltoa. (Peltonen ym. 2010, 107–111.)

Aallolle ominaista ovat kupujen ja solmujen vuorottelu. Kupujen kohdalla värähtelyn amplitudi on suurimmillaan ja solmujen kohdalla ei värähtelyä tapahdu ollenkaan. Ku-
vassa 14 on esitetty erilaisia seisovan aallon ilmenemismuotoja. Seisova aalto voi koos-
tua poikittaisista tai pitkittäisistä värähtelyistä, jolloin oleelliseksi tulee huomioida sys-
teemin liikkeiden rajoittuminen. (Peltonen ym. 2010, 107–111.)



Kuva 14 . Seisovan aallon ilmenemismuodot (Hämäläinen 2008).

Laitteen kannalta on tärkeää tarkastella edellä esiteltyjä aallonpituuksia. Seisovan aaltoliikkeen perusyhtälöstä saadaan laskettua aallonpituuden nopeus määrittystä varten. Seisovan aaltoliikkeen yhtälö on muotoa

$$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T} \text{ (Valtanen 2010, 234).}$$

Yhtälön merkinnät tarkoittavat:

v = aaltoliikkeen nopeus

λ = aallonpituus

$f = 1/T$ = taajuus (Frekvenssi)

T = yhden jakson aika.

Aaltoliikkeen nopeus tulee laskea ennen aallonpituuden määrittystä aaltoliikkeen perusyhtälöstä. Aaltoliikkeen nopeus kiinteälle aineelle (sauva) saadaan määritettyä seuraavasta kaavasta

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \text{ (Valtanen 2010, 235).}$$

Yhtälön merkinnät

v = aaltoliikkeen nopeus

G = materiaalin liukukerroin

ρ = materiaalin tiheys

Edellä esiteltyjen kaavojen avulla saadaan laskettua yhteen sauvaan kohdistuvan aallonpituuden määrittäminen. Tässä tapauksessa se tarkoittaa sitä, että yhden seularatkaisussa olevan putken aallonpituus määritetään myöhemmin luvussa 6.4.

3.7 Haponkestävän teräksen hitsaus

Austeniittisen teräksen hitsaamisessa tulee ottaa huomioon se, että lämpölaajenemiskerroin on 50 % suurempi kuin seostamattomilla teräksillä. Toisaalta lämmönjohtavuus on 65 % pienempi kuin seostamattomilla ja tästä syystä johtuen hitsausalueen jäähtyminen on selkeästi hitaampaa. Näihin fysikaalisiin ominaisuuksiin perustuen hitsausjännitykset ovat pistemäisiä ja muodonmuutokset pyrkivät muodostumaan selkeästi suuremmiksi kuin seostamattomilla teräksillä. Ruostumattoman teräksen ominaisvastus on likimain 5–7 kertainen ja näin ollen sama hitsausvirta seostamattomaan teräkseen verrattuna aiheuttaa enemmän lämpöä. Tämä aiheuttaa sen, että ruostumattomien hitsauspuikkojen virransietokyky on huono ja ne tulee valmistaa hieman pienemmiksi kuin seostamattomien terästen puikot. Ruostumattoman teräksen sulamispiste on 100 °C alhaisempi kuin seostamattoman ja se on juoksevampaa myös sulana kuin seostamaton teräs. (Lepola & Makkonen 1998, 243–249.)

4 Rakenneosien suunnittelu

Suunnitteluprosessin tavoitteena on selventää, mitä kaikkea kalanerottelulaitteen osalta on jouduttu suunnittelemaan. Esitellään erilaisia malleja, joiden pohjalta on päädytty viimeisimpään ratkaisuun, jota viedään eteenpäin kohti käytännön toteutusta. Tarkasteltavien kohteiden esittelyssä on pyritty pitäytymään lopputuotteen kannalta kaikkein tärkeimpiin seikkoihin.

4.1 Vaatimuslista kalanerottelulaitteelle

Muutos pvm.	KV, VV, T	VAATIMUS	Tärkeys
		GEOMETRIA	
19.1.14	VV	Liikuteltavuus	3
19.1.14	VV	Sijoitettavaan tilaan sopiva	2
19.1.14	VV	Pituus n.1,5 m (Seula)	3
22.1.14	VV	Leveys n. 0,7 m	3
13.4.14	T	Kokonaispituus n.2.5 m	3
		Kinematiikka	
1.2.14	T	Tärinän optimointi	4
19.1.14	VV	Pyörivän liikkeen saaminen vastakkaiseksi kalojen tulosuuntaan nähden	4
		Voimat	
15.3.14	KV	Rungon massasta aiheutuvat voimat	4
15.3.14	KV	Ritilän ja kiinnittimien sekä kalojen mas- soista aiheutuvat voimat	4
15.3.14	KV	Tärymoottorista aiheutuvat voimat	5
		Energia	
19.1.14	KV	Paineilma	5
20.1.14	KV	Vesi	5
		Materiaalit	

19.1.14	KV	Aisi 316, aisi 316 L, DIN 1.4401, DIN	5
19.1.14	KV	1.4403	5
		Polyamidi	
		Turvallisuus	
21.4.14	T	Koneturvallisuus	3
21.4.14	T	Meluhaitat	3
14.3.14	T	Tärinähaitat	3
19.1.14	VV	Hygienia	5
		Valmistus	
1.2.14	T	Koneistettavuus	3
19.1.14	KV	Valmistuskuvat	5
1.2.14	T	Hitsattavuus	2
		Tarkastus	
-	T	Hitsisaumojen tarkastus	3
-	T	Korroosioaurioiden tarkastus	3
-	T	Renkaiden ym. kunnon tarkistus	2
-	T	Pulttikiinnitysten tarkastus	3
		Kuljetus	
25.1.14	VV	Koko	4
19.1.14	T	Muunneltavuus	3
19.1.14	T	Siirreltävissä ilman koneita	3
		Käyttö	
19.1.14	KV	Ilman sähköä	5
19.1.14	KV	Paineilmatoiminen tärinän toteutus	5
19.1.14	VV	Toimintavalmius sisällä ja ulkona	4
19.1.14	VV	Ääriolosuhteet (Kylmä ja kuuma ym.)	3
		Kunnossapito	
25.1.14	KV	Vaihdettavat tangot/ putket	5
25.1.14	VV	Vaihdettavat renkaat/kulman säätö	4
19.1.14	VV	Kiinniketankojen vaihtomahdollisuus	4
15.3.14	VV	Pultit+ muut pienosat	4
		Kustannukset	
-	KV	Materiaalit	5

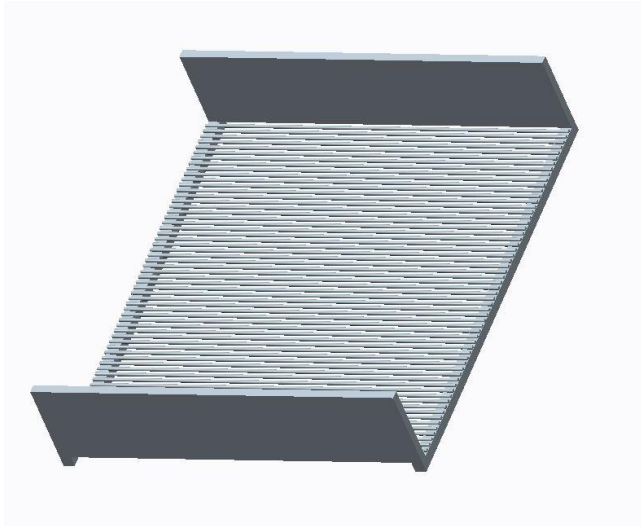
15.3.14	KV	Valmiskomponentit	5
-	KV	Osat (Mutterit, pultit etc.)	5
-	T	Työ	2
-	T	Markkinointi	3
		Toimitusaika	
-	VV	Mahdollisimman nopea	3
-	T	Asiakkaan toiveen huomioiminen	3
-	T	Materiaalien ym. komponenttien toimitusajoista riippuva	3
KV = kiinteä vaatimus, VV = vähimmäisvaatimus, T = toivomus			
Tärkeys: 1= Hieman tärkeä...5=Erittäin tärkeä			

4.2 Seula

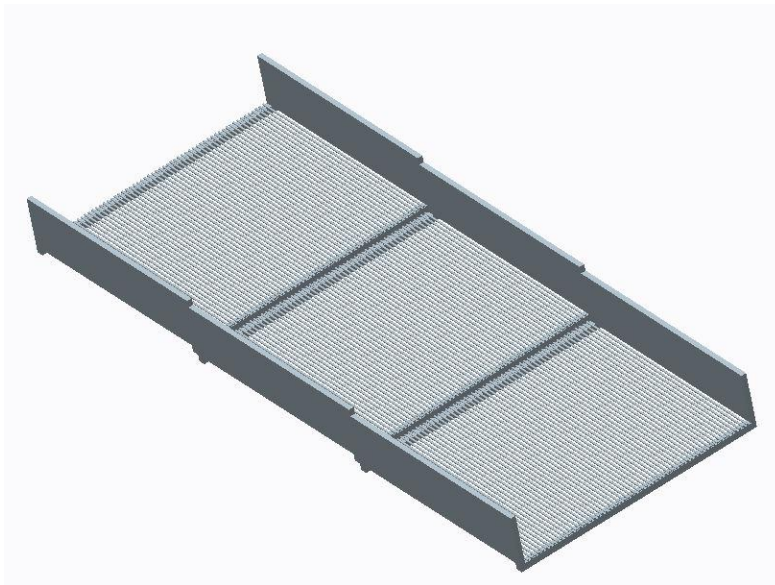
Seula on kalaerottelulaitteen osalta yksi tärkeimmistä kohteista. Se suunniteltiin vaihdettavien tankoelementtien sekä koko seulaelementin osalta kolmen eri kokoluokan kalan erotteluun. Seuraavissa luvuissa esitellään tarkemmin eri mallivaihtoehtoja ja seulan lopullisen mallin osalta tankokulmien laskenta jokaiselle seulalle erikseen.

4.2.1 Hahmotelmia eri malleista

Hahmotelmia luonnosteltaessa käytiin läpi ratkaisuja monelta eri lähtötilanteelta katsottuna. Ensimmäisessä vaiheessa seula oli tarkoitus toteuttaa kolmella eri osalla. Ensimmäinen osa seuloisi esimerkiksi 7 mm kalan, seuraava osio 9 mm kalan ja viimeinen osa 11 mm kalan. Kuvasta 15 näkee yhden osion mallin ja kuvasta 16 näkee kuinka kolme eri osiota laitettaisiin yhteen kokonaisuuteen. Tämä toteutusvaihtoehto hylättiin sen vaikean muunneltavuutensa takia. Vaihtoehdon hyvänä puolena tulisi olemaan kohtuullisen toimiva mikäli tankojen ja seulaosien irrottamista ei tarvitsisi huomioida. Vastaavanlaisia sovellutuksia on jonkin verran olemassa.



Kuva 15 . Yksittäinen seulaosa (kuva: Sami Oinonen 2014).

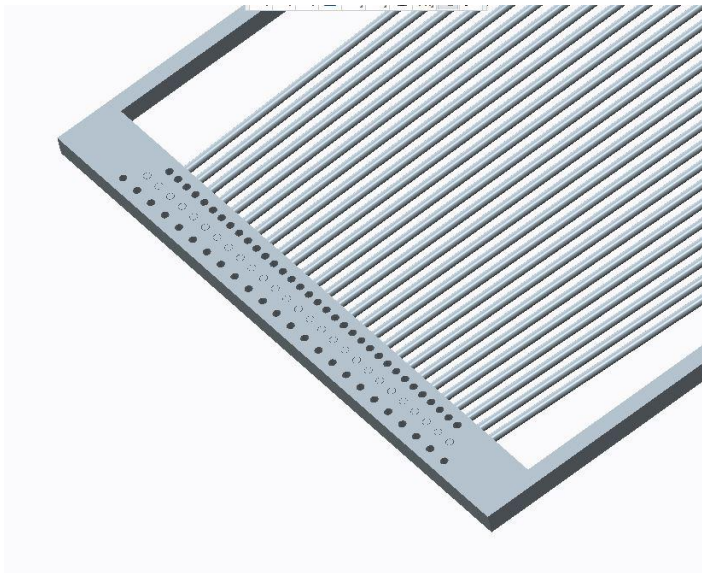


Kuva 16 . Kolme seulaosaa asteittaisena (kuva: Sami Oinonen 2014).

Seuraavassa vaiheessa ajateltiin toteutusta upotettavien tankoelementtien avulla erilliseen upotuslevyyn. Levyssä laitettaisiin kolmeen eri tasoon tankojen kiinnityspaikat (kuvat 17 & 18). Asteittain levenevät tangot oli jo tässä vaiheessa ajatuksena laittaa levyyn kiinni. Kiinnitys tapahtuisi erillisen kiinnityslevyn avulla. Kokonaiskuvan mallista saa kuvasta 19, jossa näkyy jo ajatuksena ollut muunneltavuus eri seulakokojen ja tankojen irrotettavuuden kannalta. Tämä vaihtoehto kuitenkin hylättiin hankalan kiinnitystapansa takia. Hankaluutta toimivan ratkaisun saamiseksi toimeksiannon osalta tuottaisi irrallisten tankojen ja seulaosan säätämisen vaikeus. Säätämisen hankaluus oli myös osaltaan tämän mallin hylkäämisen perusteena lopputuotteen ratkaisua haettaessa.

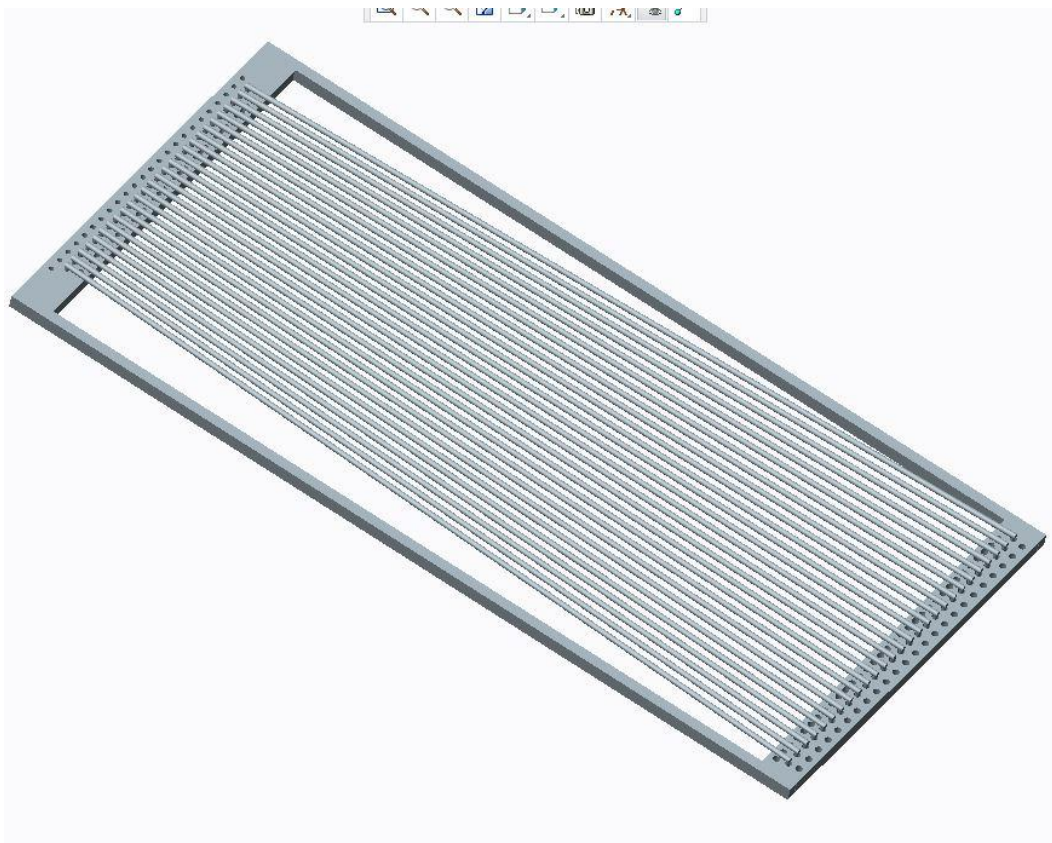


Kuva 17 . Tankojen kiinnityspaikat päältä (kuva: Sami Oinonen 2014).



Kuva 18 . Tankojen kiinnityspaikat alta (kuva: Sami Oinonen 2014).

Kuvista on nähtävissä kolmessa eri tasossa olevat reiät. Ensimmäiset ja lähekkäin olevien tankojen oli tarkoitus erotella 5–10 mm kalaa, seuraavan 10–15 mm ja viimeisen taas isoimman eli 14–18mm kalan.



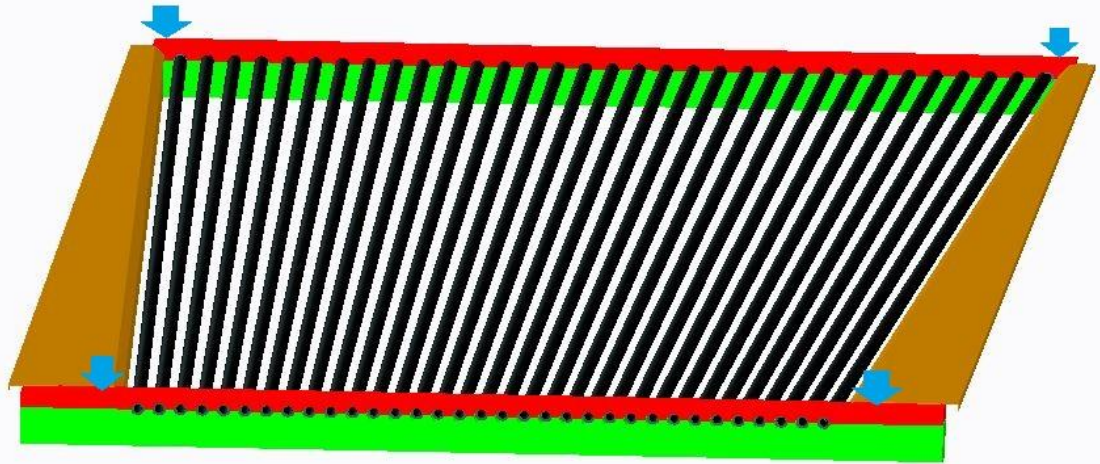
Kuva 19 . Kokonaiskuva seulamallin hahmotelmasta (kuva: Sami Oinonen 2014).

Lopputuotteen seulamallin ratkaisussa päädyttiin tekemään tankojen paikat sorvaamalla tai CNC -jyrsimellä rautatankoihin sopivaan kulmaan sijoitettavat reiät. Kiinnitys tapahtuisi kahden rautatangon väliin. Erottelu tapahtuisi rautatankojen avulla, joissa tankojen välinen etäisyys levenee asteittain. Useamman eri kokoluokan kalanerottelu ratkaistiin tehtäväksi kolmen eri seulamallin avulla. Tässä tapauksessa seulojen vaihdon tulee olla helposti toteutettavissa ja tankojen kiinnitys tulee olla niiden vääntymisen ja vaihdon tarpeen takia helppoa. Seula on merkittävässä roolissa suunniteltaessa prototyyppiä. Seuraavissa luvuissa lopputuotteen seulamallista tulee kattavampi käsitys. Liitteestä 9 voidaan tarkemmin nähdä 10–15 mm kalan seulamalli.

4.2.2 Seula 5–10 mm

Ensimmäisen seularatkaisun on tarkoitus erotella kaloja 5–10mm välillä. Tarkoituksena on erotella kolmea erilaista kokoa omiin laatikkoihinsa. Tässä seulamallissa on 33 tankoa, joista tuo pienempi pää vie todellisuudessa 502 mm, mutta tilanne laskettiin aluksi 525 mm mukaan ja suurempi pää on tuon aiemmin esitellyn (luku 4.1) vaatimuslistan

mukaisesti 700 mm mukaan mitoitettu. Tangot on sijoitettu tasaisin välein ja asteittain levenevään muotoonsa pituussuunnassa. Päädyistä otetusta kuvasta 20 näkee kapeamman päään tilan selkeämmin sekä kokonaiskuvan pääpiirteittäin. Samassa näkyy myös sinisellä nuolella merkattuna kohdat, joista pulttikiinnitys tapahtuu välirunkoon.



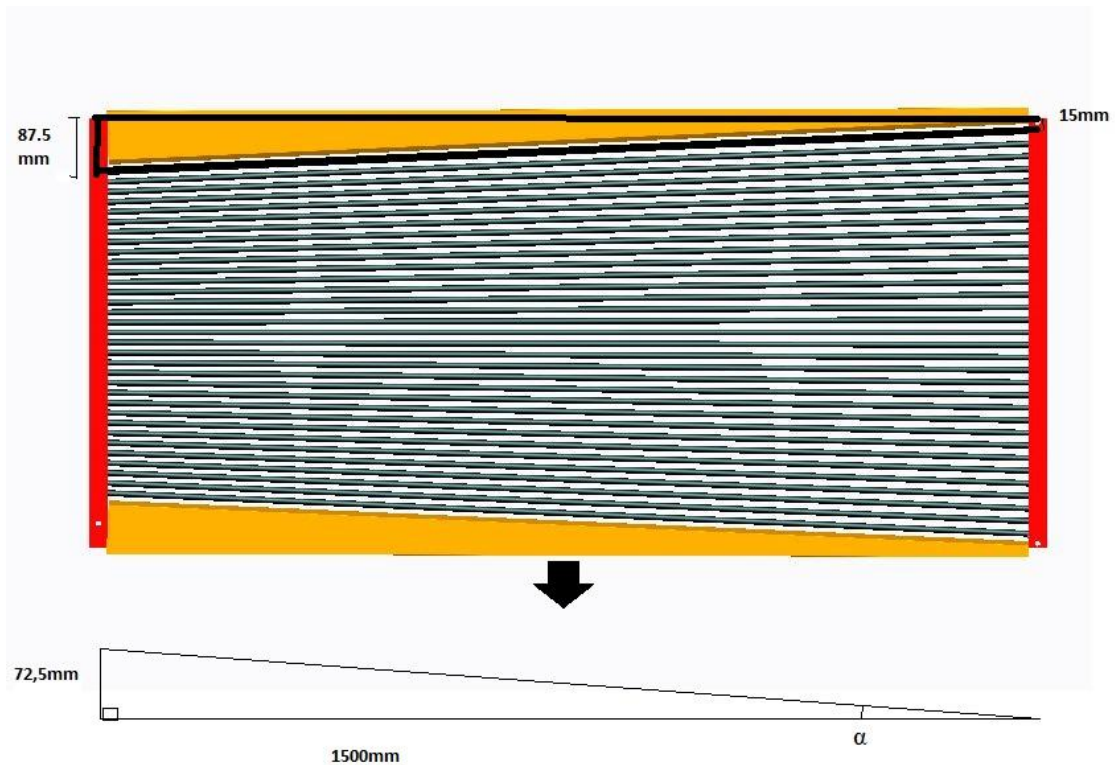
Kuva 20 . Päätykuva 5–10 mm (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.2.3 5–10 mm seulan tankokulmien laskenta

Kapeammasta päästä lähtiessä tankojen välinen rako on noin 5 mm ja toiseen päähän mentäessä se tulee olemaan noin 10 mm kokoinen. Pienemmässä eli 5 mm päädyssä tankojen tilaa menee seuraavasti

$$35 \text{ tankoa} * 15 \text{ mm} (\text{tanko } 10 \text{ mm} + \text{pienin väli } 5 \text{ mm}) \approx 525 \text{ mm}.$$

Kuvasta 21 näkee yläpuolelta otetun kuvan, johon on merkitty kulman laskentaan tarvittavia mittoja. Yhdelle tangolle kulmaa laskiessa lähdettiin siitä, että alkupään ja loppupään reiän keskikohdan etäisyys reunasta tuli tietää. Tämän jälkeen erotuksen avulla saatiin suorakulmainen kolmio, jonka avulla saatiin selvitettyä yhden tangon kulma. Mallinnusta varten reunimmaisten pisteiden kautta kulkevien akseleiden yhtymäkohdasta saadaan mallinnukseen tarvittava keskikohta johon tehtiin mallinnuksen yhteydessä myös koordinaattipiste.



Kuva 21 . Yläkuva 5–10 mm seulasta sekä tankojen kulmanmäärittelyn piirros (Oinonen 2014).

Suorakulmaisesta kolmiosta saadaan α kulma seuraavasti

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{72,5\text{mm}}{1500} = 2,767^\circ \text{ (Mäkelä, Soininen, Tuomola \& Öistämö 2005, 12).}$$

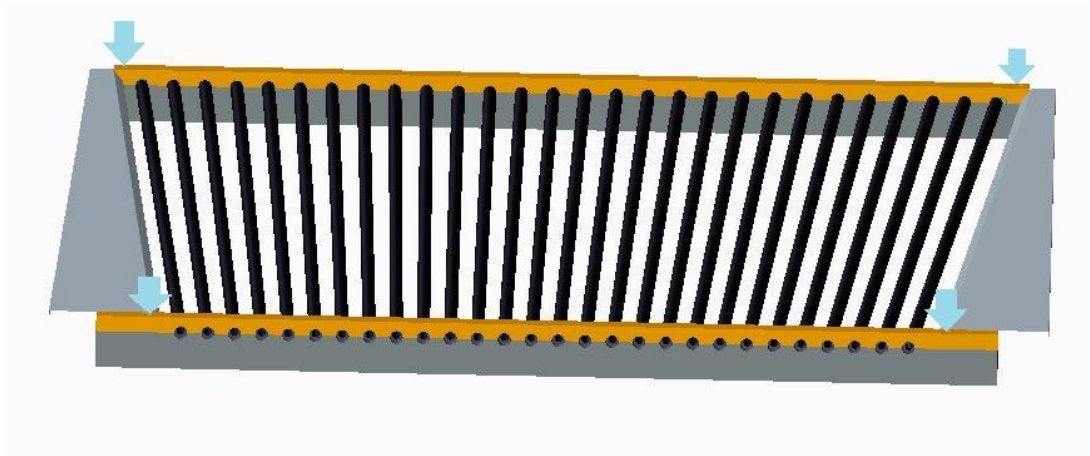
Kulma, joka saatiin laskettua, on siis puolet kokonaiskulmasta. Kokonaiskulma kun kerrotaan kahdella ja jaetaan tankojen määrällä, saadaan kulmaksi, jossa tangot kiertää etu ja takapään matkalla

$$\frac{2 \cdot 2,767^\circ}{33Kpl} \approx 0,1677^\circ.$$

Todetaan, että kulma on niin pieni, ettei pituussuunnassa tapahdu liiaksi tangon etenemistä reunimmaisen ja keskimmäisten välillä. Voidaan arvioida päätykiinnikkeiden 30 mm leveyden riittävän pituuden muutoksiin.

4.2.4 Seula 10–15 mm

Seularatkaisun keskimmäisen version tulee erotella 10–15 mm kaloja mahdollisuuksien mukaan kolmeen eri laatikkoon 1500 mm matkalla. Tässä seulamallissa on 28 kpl tankoja, jotka levenevät myös asteittain kapeammasta 10 mm päästä leveämpään päähän 15 mm leveydelle. Kapea erotteleva pää vie tässä tapauksessa tilaa 560 mm ja leveämpi pää samaiset 700 mm. Pädystä otetusta kuvasta 22 näkee viuhkamaisen ja asteittain levenevän muodon seulasta. Nuolilla on merkattuna kohdat, joista seulan kiinnitys tapahtuu välirunkoon.



Kuva 22 . Päätykuva 10–15 mm seulasta (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.2.5 10–15 mm seulan tankokulmien laskenta

Kapeammasta päästä lähtiessä tankojen välinen rako on noin 10 mm ja toiseen päähän mentäessä se tulee noin 15 mm kokoiseksi. Kapeammassa eli 10 mm päädyssä tankojen tilaa menee seuraavasti

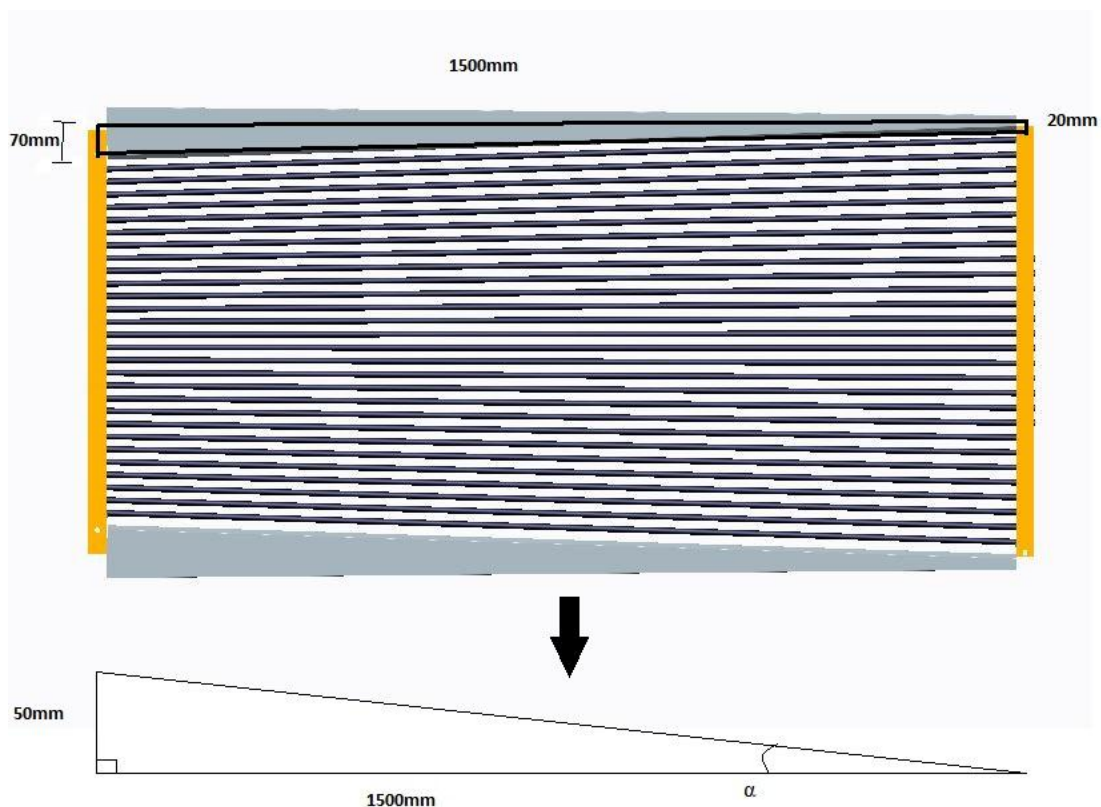
$$\text{Tankojen määrä } 28 \text{ Kpl} * 20 \text{ mm (tanko } 10 \text{ mm} + \text{väli } 10 \text{ mm)} = 560 \text{ mm.}$$

Tämän jälkeen saadaan kuvan 23 mukaisesta kolmiosta laskettua tankojen α kulma seuraavasti

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{50\text{mm}}{1500\text{mm}} = 1.909^\circ \text{ (Mäkelä ym. 2005, 12).}$$

Kulma on puolet kokonaiskulmasta, jolloin tässäkin tapauksessa saadaan yhden tangon kulma laskettua seuraavasti

$$\frac{2 \cdot 1.909^\circ}{28Kpl} \approx 0,1364^\circ.$$

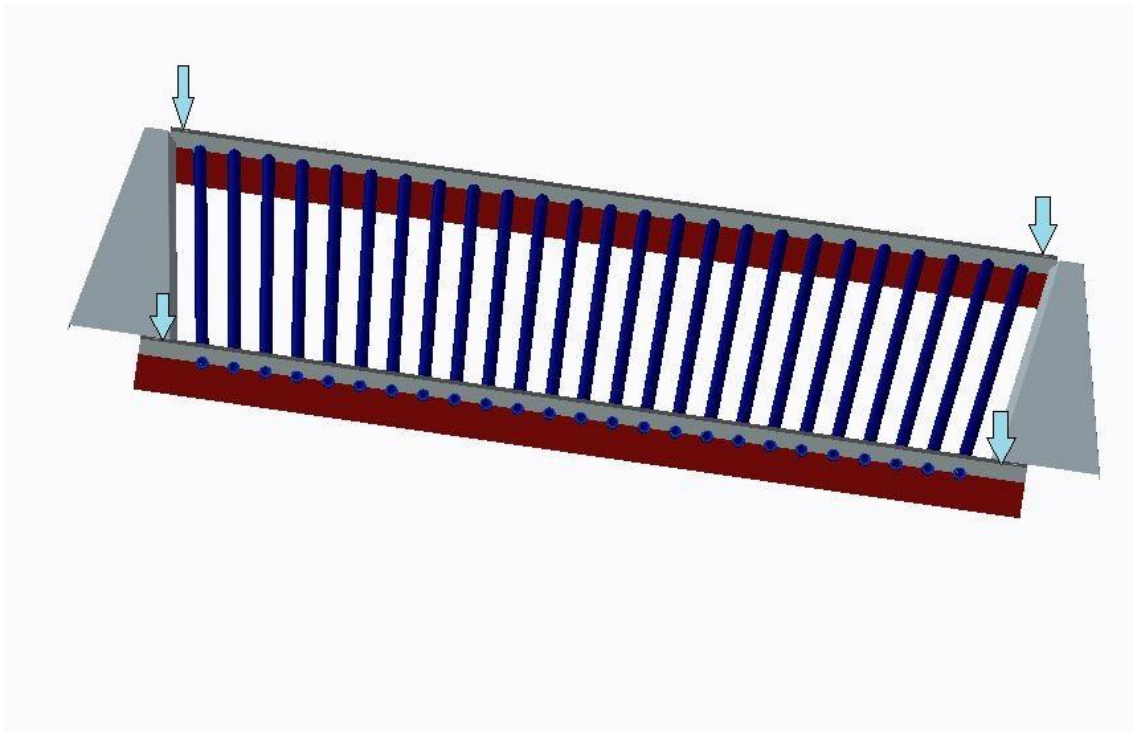


Kuva 23 . Yläkuva 10–15 mm seulasta sekä tankojen kulmien laskentakuva (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.2.6 Seula 14–18 mm

Kolmannen ja suurimmalle kalalle olevan seularatkaisun on tarkoitus erotella kaloja 14–18 mm välillä. Tässäkin tapauksessa 1500 mm matkalla tapahtuva erottelu toistuu asteittain. Kapeampi erottelupää vie tässä tapauksessa tankojen ja välien takia noin 600 mm tilaa ja leveämpi saman mitä aiemmin eli noin 700 mm. Kapeamman päädyn puo-

lelta otetussa kuvassa 24 näkyy pulttien kiinnityskohdat sekä asteittainen leveneminen, mutta hiukan kapeammassa mittasuhteessa.



Kuva 24 . Päätykuva 14–18 mm seulasta (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.2.7 14–18 mm seulan tankokulmien laskenta

Kapeamman pään ero leveämpään päähän on tässä seularatkaisun tapauksessa ainoastaan 14–18 mm välillä. Tämä siitä syystä, että vaatimuslistan rajoittaessa laitteen leveyttä tuohon 700 mm mittaan, saatiin tankojen määrä jakautumaan sopivasti tasan, kun se olisi taas loogisen järjestyksen mukaisesti jakautunut epätasaisesti 15–20 mm välillä. Laskenta tapahtuu muuten samalla tavalla kuin aiemmissakin seulamalleissa eli seuraavasti

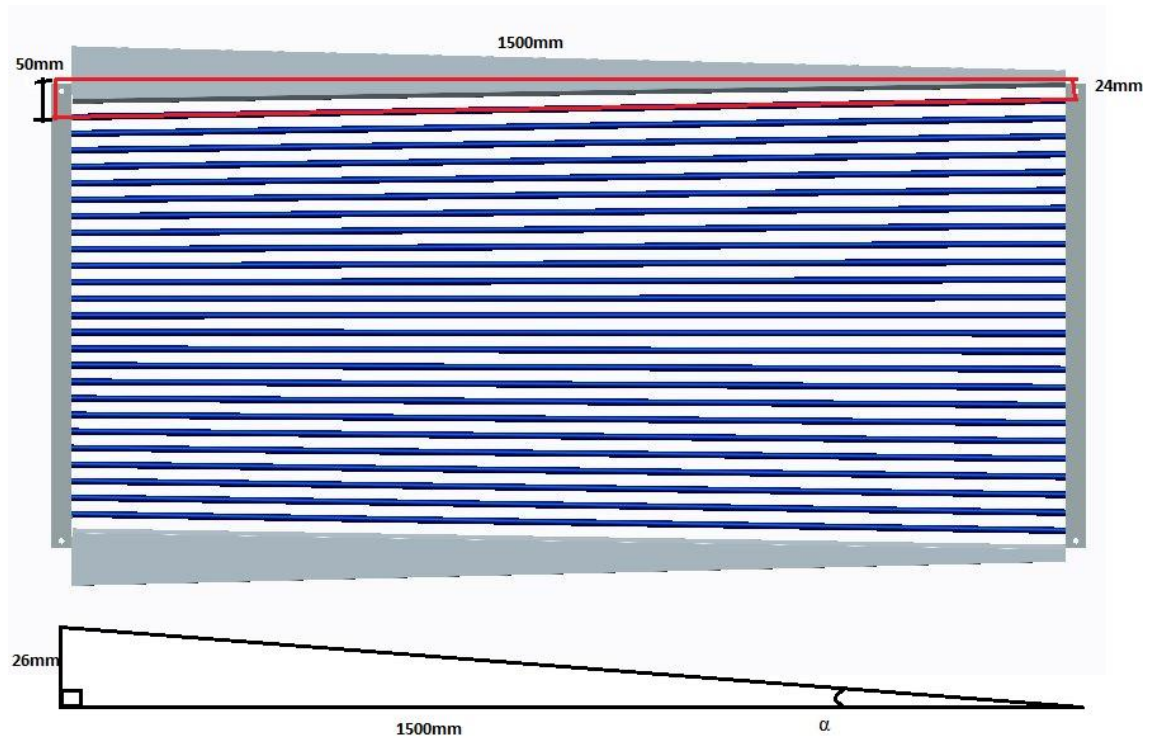
$$\text{Tankojen määrä } 25 \text{ kpl} * 24 \text{ mm (tanko } 10 \text{ mm} + \text{väli } 14 \text{ mm)} = 600 \text{ mm.}$$

Tämän jälkeen saadaan laskettua samalla tavalla kuin aiemmin kuvassa 25 näkyvästä kolmiosta α seuraavasti

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{26\text{mm}}{1500\text{mm}} = 0.993^\circ \text{ (Mäkelä ym. 2005, 12).}$$

Kokonaiskulma saadaan seuraavasti

$$\frac{2 \cdot 0.993^\circ}{25\text{kpl}} \approx 0,0794^\circ.$$



Kuva 25 . Yläkuva 14–18 mm seulasta sekä laskenta kuva tankokulmille (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.3 Kalanerottelijan pohjarunko

Runkomallien ja siihen liittyvien komponenttien määrittämiseksi etsittiin ensimmäiseksi materiaaleja, jotka täyttävät Elintarviketurvallisuusviraston vaatimukset. Seuraavassa vaiheessa tuli ottaa huomioon myös se, että materiaalia on saatavilla ja rakennettavuuden kannalta pohjarunko on loppuvaiheessa helppo toteuttaa. Kustannuksien puolesta ei tarvinnut kovin paljoa ottaa huomioon, mutta pyrittiin selviämään mahdollisimman vähäisillä kustannuksilla. Seuraavissa kappaleissa käsitellään useampi eri vaihtoehto ja ensimmäisessä osiossa myös vertailua näiden vaihtoehtojen välillä.

4.3.1 Runkomallien vertailua

Seuraavassa hieman taulukoituna asioita, jotka määrittivät rungon valintaprosessia. Taulukossa 1 on painotusarvot vaatimuslistaan pohjautuen eri vertailutekijöille oman ja toimeksiantajan vaatimusten mukaan.

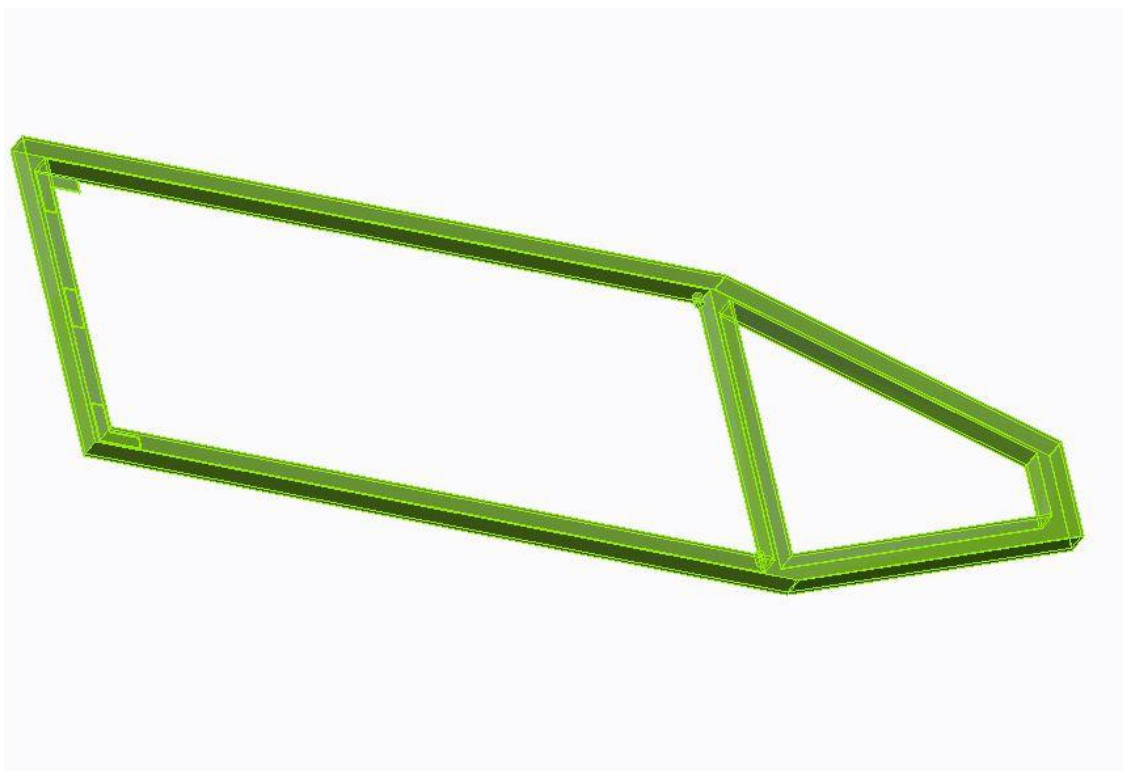
Taulukko 1. Runkomallien vertailu

Vertailu tekijä	Painotusarvo max 100	Runkomalli 1	Runkomalli 2	Runkomalli 3	Lopputuotteen runkomalli
Hinta	10	+	-	-	+
Toteutettavuus	15	-	+	-	+
Paino	20	-	-	+	+
Koneistettavuus	20	-	-	+	+
Osien määrä	20	+	+	-	-
Materiaali	15	-	+	+	+
Painotus yht.	100	30	50	55	80

Taulukoinnin perusteella voitiin arvioida paremmin eri runkomallien soveltuvuutta lopputuotteen osalta. Lopputuotteen mallissa ollaan lähimpänä tärkeimpien vaatimusten mukaisuutta, jolloin prototyypin toteutukselle on enemmän teoreettista ja käytännöllistäkin pohjaa.

4.3.2 Runkomalli 1

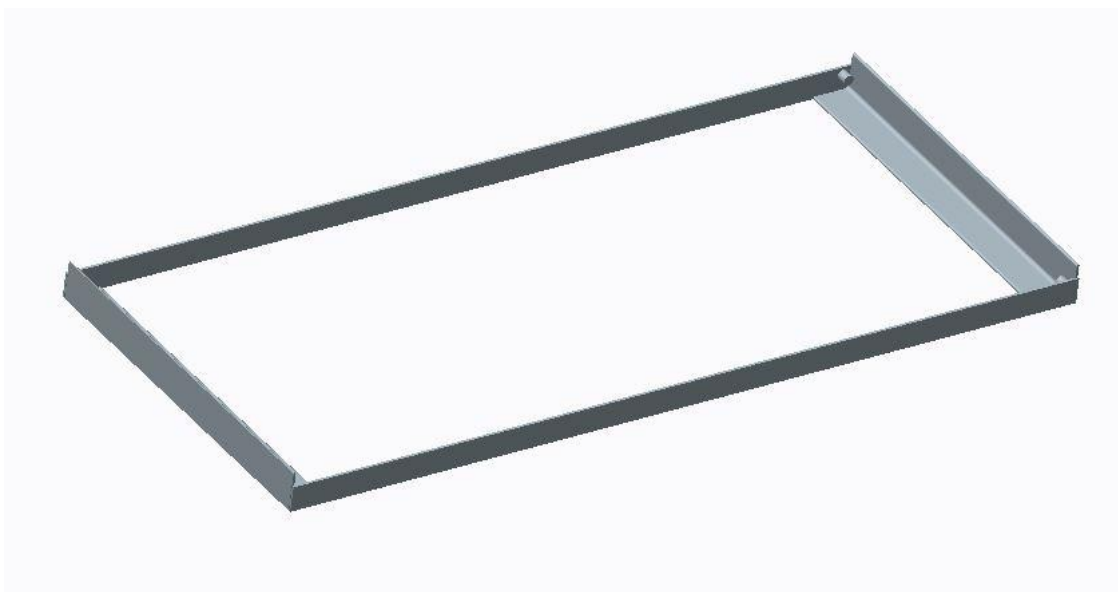
Ensimmäinen vaihtoehto (kuva 26) oli tehdä runko neliöputkella, joka olisi ollut käytettävyyden ja työstämisen kannalta hyvä vaihtoehto. Toisekseen etuna oli myös se, että rungossa olisi mahdollisimman vähän ulkonevia osia. Tultiin kuitenkin lopputuloksen kannalta sellaiseen ratkaisuun, että saatavuus olisi ollut jonkin verran hankalampaa ja kiinnikkeiden laitto kiinni runkoputkeen olisi ollut kohtuullisen hankalaa. Tästä syystä vaihtoehdosta ei lähdetty kehittämään tulevaa mallia.



Kuva 26 . Kehikkomalli neliötangosta (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.3.3 Runkomalli 2

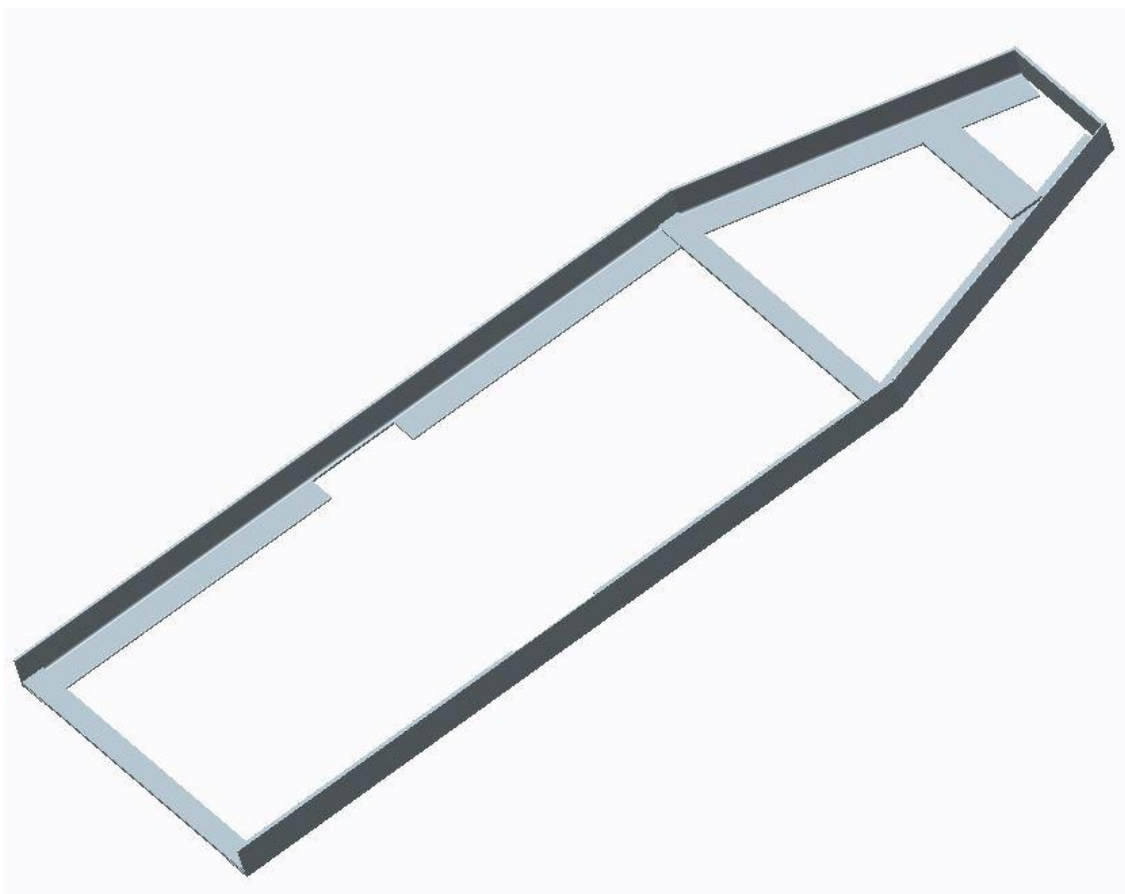
Seuraavassa vaiheessa mietittiin toteutusta pelkästään lattaraudalla sekä kulmatangolla. Tämä vaihtoehto oli pitkään mukana lopullisen kehikon toteutukseen asti, mutta vaihtoehdosta luovuttiin, kun lopputuotteen toteutus tehtiin muuten kuin kumien ja akselin varassa olevan tärytyksen avulla. Kuvasta 27 nähdään päädyissä olevat akselien paikat ja rungon muoto. Päädyt on toteutettu kulmatangolla ja sivut lattaraudalla. Pituussuunnassa hankaluutta olisi aiheuttanut myös tarpeeksi jäykän rakenteen saaminen.



Kuva 27 . Lattarauta+ kulmatankokehikko (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.3.4 Runkomalli 3

Kolmannessa runkomallivaihtoehdossa suunnittelu kohdistui kahden tärymoottorin käyttöön, jotka tuli sijoittaa välirungon alle. Kokonsa puolesta ne tulivat rungon kulmarautojen väliköistä läpi. Tässä vaihtoehdossa lattaraudalla tukevoitettiin rakennetta ja päädyssä oli hiukan lisää mekaanisesti hankalammin toteutettavia osia. Kuvassa 28 nähdään tarkemmin, miten tärymoottorien paikat olisivat vieneet tilaa perusrungon rakenteesta ja näin ollen koneistaminen muotoon olisi ollut välttämätöntä. Tässä vaihtoehdossa mietittiin myös vielä muitakin toteutusvaihtoehtoja, mutta pitkän pohdinnan jälkeen emme saaneet toimivuutta aikaiseksi ja näin ollen yhteistyössä toimeksiantajan kanssa hylättiin tämä vaihtoehto toteuttamisen hankaluuden takia. Myös fysiikan lehtori Piiraisen mukaan kahden paineilmakäyttöisen tärymoottorin tahdistaminen toistensa kanssa samaan tahtiin, ilman sähköistä ohjausta, tulisi olemaan haasteellinen ratkaista (Piirainen 2014).



Kuva 28 . Kahden täryn, kulmatankojen ja lattarautojen runkoyhdistelmä (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.4 Syöttökuljetin

Monen vaihtoehdon ja mietinnän jälkeen päädyttiin ratkaisemaan syöttökuljetin ratkaisu suppilon sijaan samaan täryyn yhdistettävällä tärykuljettimella. Ensimmäisenä suunta-
viivana oli valmistaa suppilo, joka syöttää kalaa täryseulalle tasaisesti. Todettiin, että vaihtoehto on hankala toteuttaa niin, ettei paino eikä painopisteen paikka heilahtaisi kovin suureksi. Syöttökuljettimen tärkein tehtävä on syöttää eroteltavaa kalaa ja jakaa se tasaisesti täryseulan kapeammassa päässä. Materiaaliksi valittiin Polyamidi eli Nylon, joka on puhdistettavuudeltaan ja elintarviketeollisuuden vaatimusten mukaisesti soveltuva käyttökohteeseen.

Nylonkuljettimia tarvittaisiin useampi malli, jos jokaiselle seulamallille tehtäisiin omat. Kokoluokat kapeammassa päässä vaatisivat kuljettimen leveyden olevan kapealle n. 525 mm, keskisuurelle n. 560 mm ja suurimmalle n. 600 mm. Tässä tapauksessa tehtiin

kompromissi, jolloin päädyttiin ratkaisemaan tämä niin, että tehdään keskikoon seulan mukainen kapeamman pään aukko eli noin 560 mm. Todettiin, ettei kalojen levittämisen kannalta ole kovinkaan merkittävässä roolissa syöttökuljettimen leveys. Pää tavoitteena oli kuitenkin se, että eroteltava kala levitetään hiukan tasaisemmin koko seulan leveydelle.

4.4.1 Syöttökuljettimien vertailu

Syöttökuljettimien vertailutekijöistä antaa selkoa taulukko 2. Näiden pohjalta valikoitiin lopputuotteen ratkaisu pitkällisten pohdintojen jälkeen. Arvioinnissa käytettiin selkeää \pm menetelmää ja painotettuina arvoina vaatimuslistan mukaisesti.

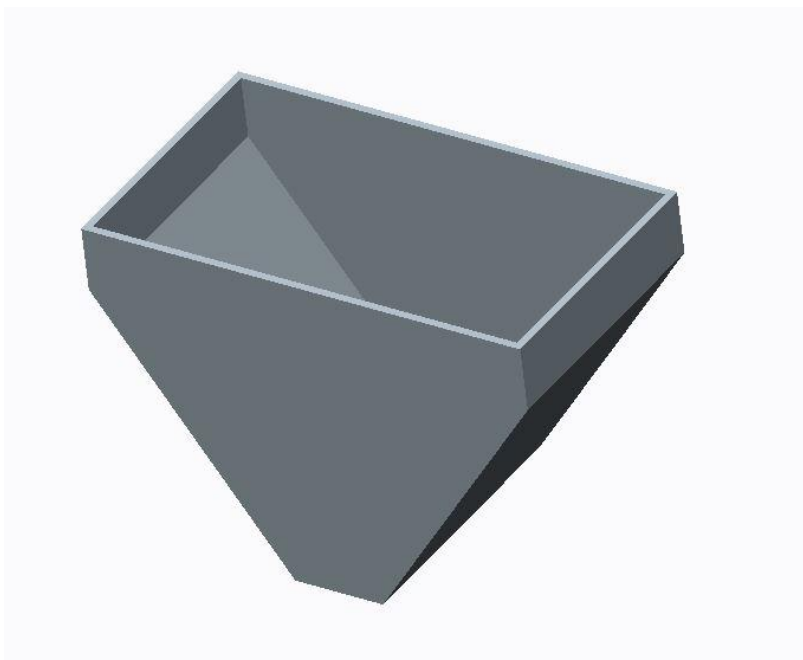
Taulukko 2. Syöttökuljettimien vertailu

Vertailu tekijä	Painotusarvo max 100	Suppilo	Syöttökuljetin 1	Syöttökuljetin 2	Lopputuotteen kuljetin
Valmistettavuus	25	-	-	+	+
Materiaali	10	-	+	+	+
Hinta	10	-	-	+	+
Kiinnitettävyyys	25	+	+	+	+
Paino	15	-	-	+	+
Jaottelu	15	+	-	-	+
Painotus yhteensä	100	40	40	85	100

Syöttökuljettimien vertailutaulukossa 2 huomataan mallien kehityskaari kohti lopullista syöttökuljetinmallia. Tämän pohjalta voitiin arvioida viimeisen mallin olevan omien ja toimeksiantajan vaatimusten mukaisesti lähimpänä tavoitetta, jolloin toteutuksessa ollaan vaatimuslistan asettamissa tavoitteissa.

4.4.2 Suppiloratkaisu

Alkuperäisen suunnittelun pohjana oli ratkaista syöttökuljettimen toteutus suppilolla, joka jaottelee kalaa asteittain seulan alkupäähän. Kuvassa 29 on esitelty luonnospiirros suppiloratkaisua varten.



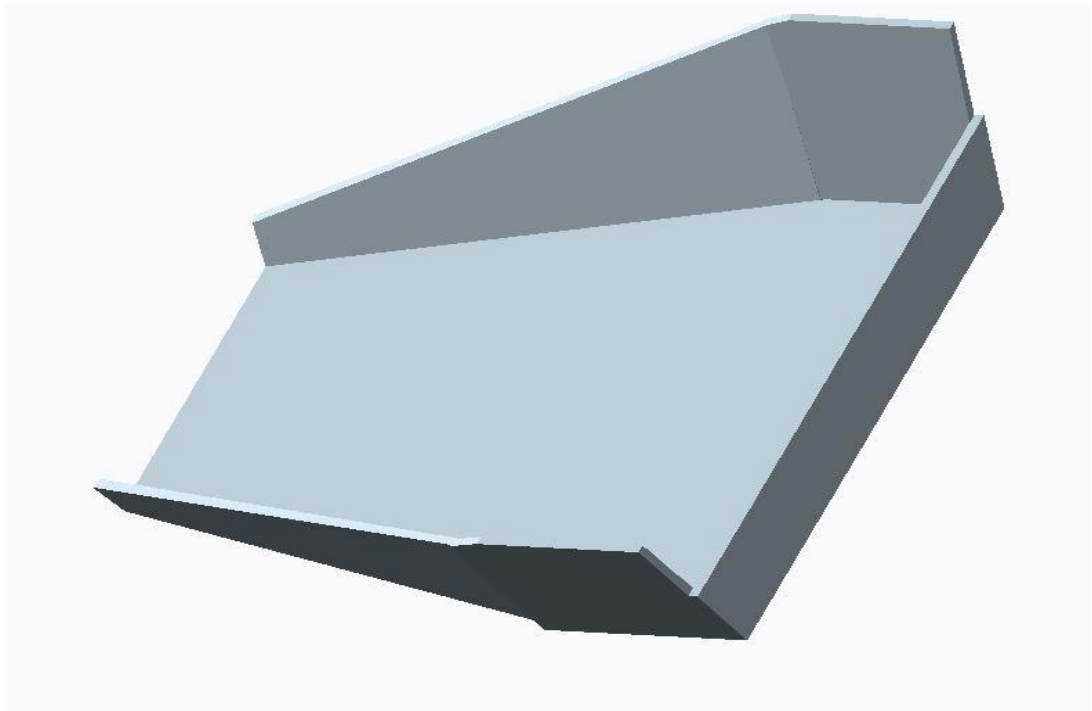
Kuva 29 . Suppilosyöttökuljetin (kuva: Sami Oinonen 2014).

Tässä vaihtoehdossa todettiin toteutuksen hankaluus. Erillinen suppilo toisi tarpeetonta painoa ja painopisteen paikka muuttuisi merkittävässä määrin. Lopputuotteen toimivuuden kannalta on tärkeää huomioida myös kiinnittämisen vaikeus. Näiden päällimmäisesti vaikeiden toteutusseikkojen takia pitäydyttiin jatkokehittelystä tämän vaihtoehdon osalta.

4.4.3 Vaihtoehto 1

Syöttökuljettimen ensimmäinen vaihtoehto piti sisällään hiukan hankalammin toteutettavan muodon (kuva 30). Malli oli alkuvaiheesta lähtien jo melko lähellä lopputuotteen tulevaa ratkaisua. Vaihtoehdon hylkäämisen tärkeimmiksi seikoiksi nousivat koko ja hankalasti toteutettavat muodot. Jaottelua varten olevia ohjain paloja ei myöskään

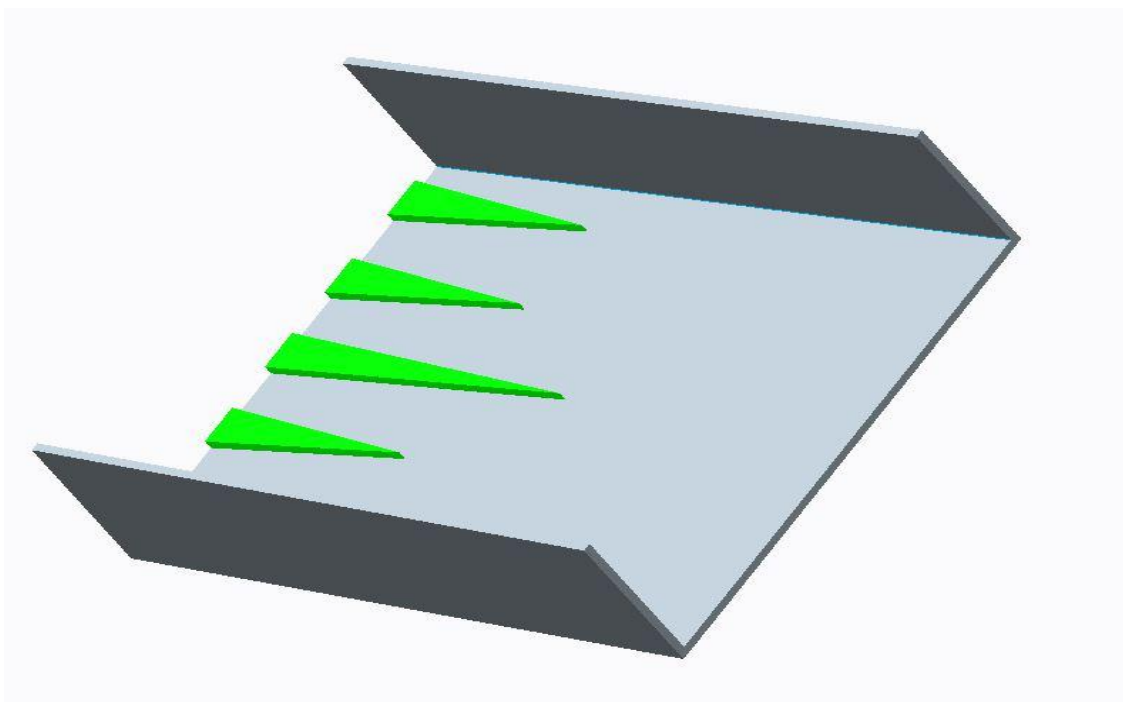
tässä vaihtoehdossa ollut vaan kapenevan keulan ajateltiin ohjaavan kaloja tarvittavan määrän seulalle mentäessä.



Kuva 30 . Syöttökuljetin 1 (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.4.4 Vaihtoehto 2

Syöttökuljettimen toisessa vaihtoehdossa toteutettiin suurempia linjoja. Mukana ovat myös kalojen tasaiseen levittymiseen tarkoitetut ohjauspalat. Tässä tapauksessa vaihtoehto muunneltiin hiukan erilaiseksi palojen terävien kärkien ja takaa puuttuvan levyn takia. Lopputuotteessa molemmat tulevat olemaan vaatimusten mukaisesti toteutettu. Kuvasta 31 nähdään tarkemmin tämän vaihtoehdon kokonaisuus.



Kuva 31 . Syöttökuljetinmalli 2 (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.5 Värähtelyn toteutusvaihtoehdot

Lopputuotteen kannalta tärkeässä osassa on se, miten värähtely toteutetaan seulalle. Erilaisia vaihtoehtoja pohdittiin monelta kantilta ja monella toteutustavalla. Seuraavaksi esitellään vaihtoehtoista kolme toteutuskelpoisinta ideaa, joita suunnittelun eri vaiheissa käytiin läpi.

4.5.1 Värähtelyvaihtoehtojen vertailu

Taulukossa 3 on vertailtu eri vaihtoehtojen soveltuvuutta yksinkertaisesti \pm arvioinnilla. Taulukon vertailutekijäksi otettiin tärkeimmiksi koetut vertailutekijät vaatimuslistan pohjalta sekä oman ja toimeksiantajan toiveiden pohjalta.

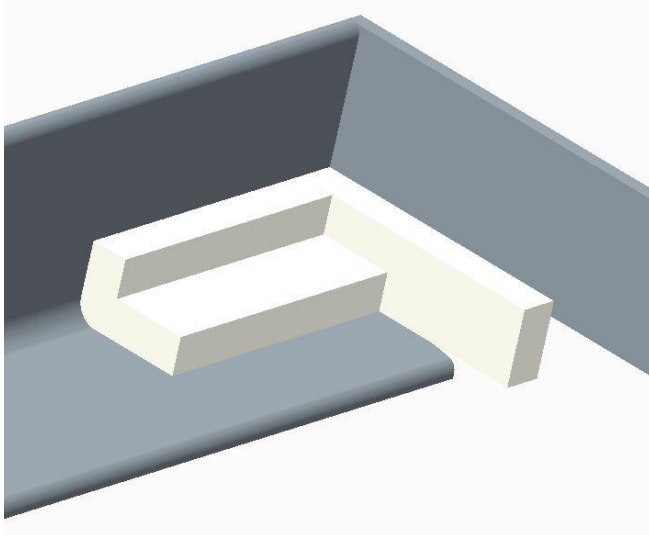
Taulukko 3. Värähtelyvaihtoehtojen vertailua.

Vertailutekijä	Painotusarvo Max 100	Vaihtoehto 1	Vaihtoehto 2	Vaihtoehto 3	Lopputuotteen malli
Hinta	10	+	+	+	-
Helppo valmistettavuus	20	+	+	-	+
Materiaalit	20	-	-	+	+
Toimivuus	10	-	-	+	+
Projektin vaatimukset	30	-	-	+	+
Laatu	10	-	-	+	+
Painotus yhteensä	100	30	30	80	90

Vertailutekijöiden perusteella huomattiin painotusarvon olevan lopputuotteen mallissa kaikkein korkeimmalla tasolla. Huomionarvoista on myös se, että vaihtoehtojen kehittyessä, on pystytty kehittämään tuotteen kokonaiskuvaa parhaalla mahdollisella tavalla lopputuotteen vaatimukset huomioon ottaen. Ratkaisevia tekijöitä suhteessa lopputuotteen suhteen oli toimivuus ja projektin vaatimusten huomiointi.

4.5.2 Vaihtoehto 1

Ensimmäisessä vaihtoehdossa oli tarkoitus toteuttaa seulan värähtely pelkkien kumimateriaalista valmistettujen tyynyjen varassa. Kuvasta 32 näkyy suunnitellun tyynyn malli rungon yhdeltä reunalta.



Kuva 32 . Kumityyny kulmatangossa (kuva: Sami Oinonen 2014).

Tyynyt sijoitettaisiin kulmatangosta tehtyyn runkoon joka reunalle, jolloin seula makaisi tyynyjen varassa. Kuvasta 33 näkyy kokonaisuutena miten sijoittelu olisi tapahtunut koko rungon osalta.

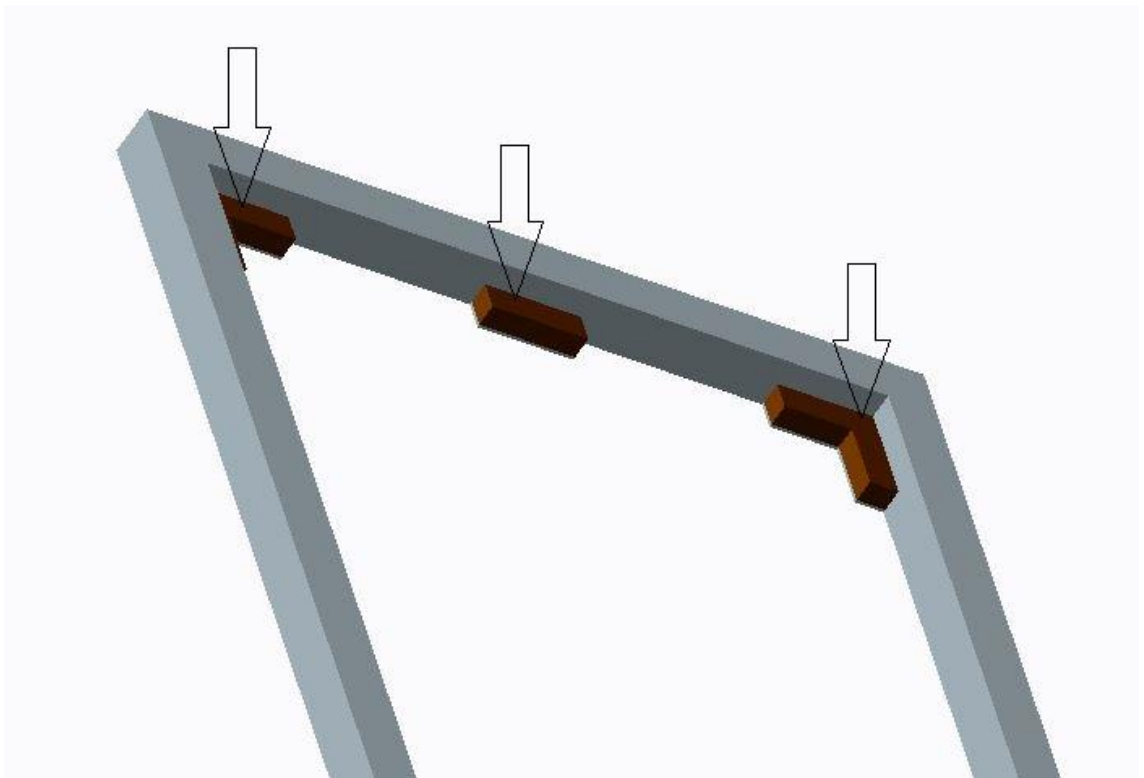


Kuva 33 . Kumityynyjen sijoituspaikat rungossa (kuva: Sami Oinonen 2014).

Tämän värähtelyvaihtoehdon kohdalla todettiin hankalaksi hankkia materiaaliltaan sopivaa kumia tyynyjen materiaaliksi. Erillisen tärymoottorin hankinta syöttökuljettimelle olisi ollut välttämätöntä ja lopputuotteen toimivuuden kannalta se koettiin hankalaksi. Tämän opinnäytetyön puitteissa ei näin laaja-alaisesti käsiteltävissä olevaa kumimateriaalien ja täryn tutkimista voitaisi suorittaa onnistuneesti. Näistä seikoista johtuen päädyimme jättämään tämän mallin eteenpäin viemisen seuraavien projektien aiheeksi.

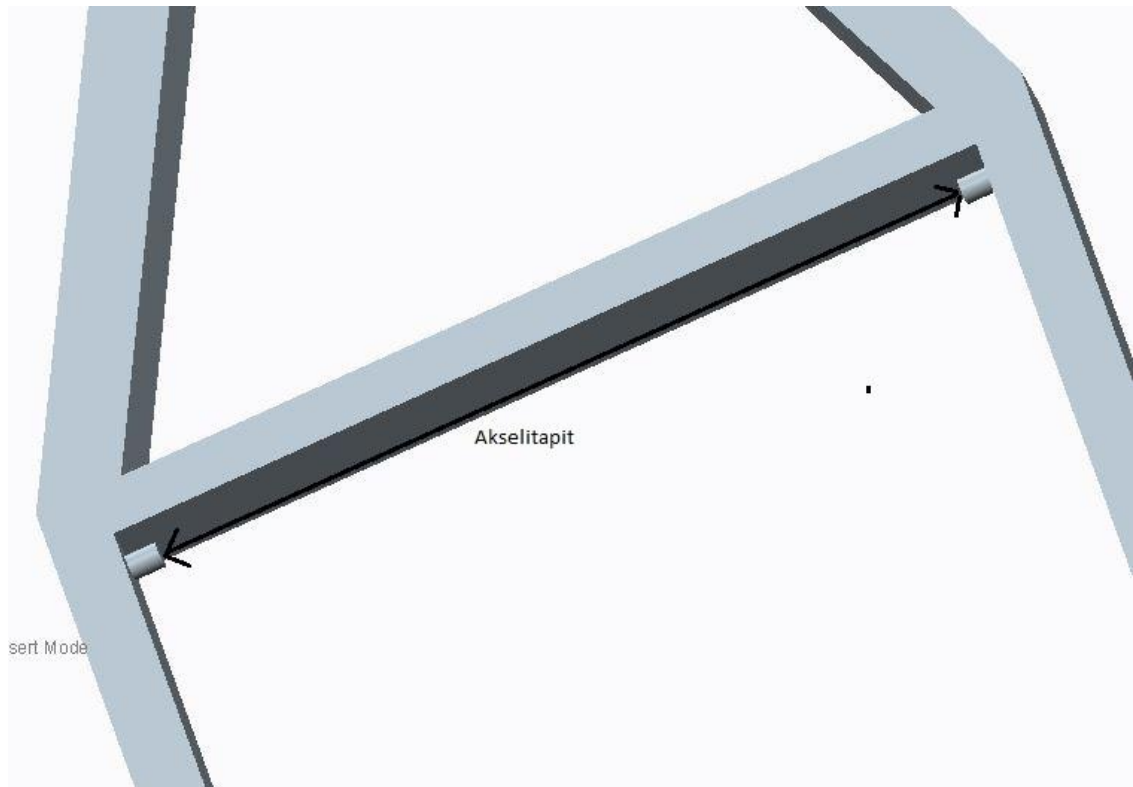
4.5.3 Vaihtoehto 2

Toisessa vaihtoehdossa tarkoituksena oli toteuttaa seulan tärinä toisesta päästä kumien varassa lepäävän ja toisessa päässä uloketappien varassa akselinsa ympäri pyörivän liikkeen kautta. Kuvasta 34 näkee kumien paikan rungon perällä. Seulan tarkoituksena olisi ollut tulla lepäämään näiden kumityynyjen varaan ja täriseämään kumin kimmoisuuden avulla.



Kuva 34 . Kumien paikat seulan takaosaan (kuva: Sami Oinonen 2014).

Toisessa päässä olevat akselitapit oli tarkoitus toteuttaa kuvan 35 mukaisesti. Seulan oli tarkoitus tärinä pyörivän akselinsa ympäri lineaarisella täräyttimellä. Seula olisi kiinnitetty erillisten hakasten avulla akselitappien varaan.

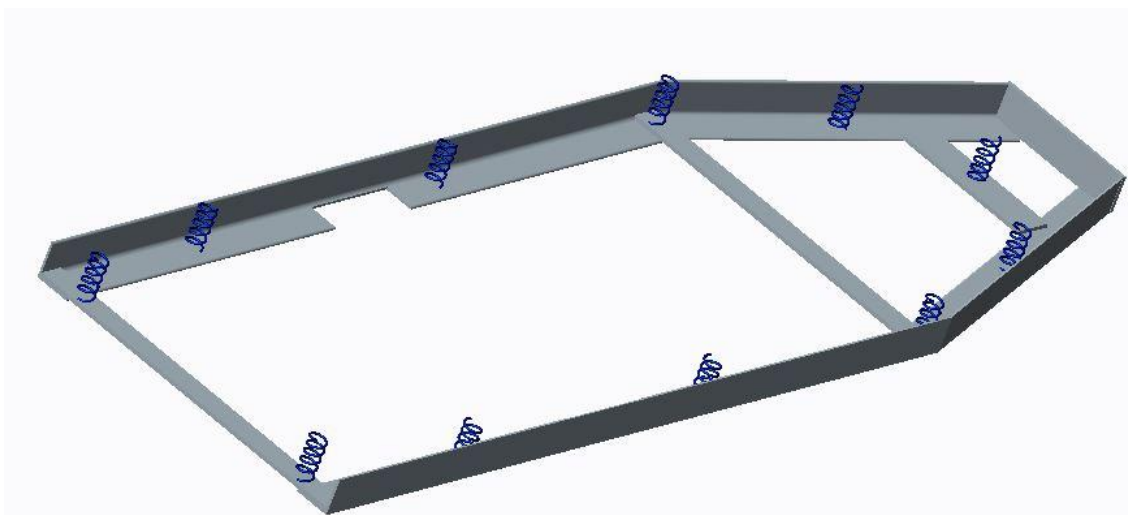


Kuva 35 . Akselitapit rungon etuosassa (kuva: Sami Oinonen 2014).

Tämän värähtelyvaihtoehdon heikkoudet olivat siinä, että syöttökuljettimelle olisi tarvittu erillinen tärymoottori. Toisekseen myös hygieenisesti hyväksyttävän kumimateriaalin valinta olisi ollut haasteellista toteuttaa. Yhtenä häiritsevänä tekijänä oli myös värähtelyn toteutus toimivana kokonaisuutena lopputuotteessa. Prototyypin toimivuuden kannalta tässä mallissa todettiin olevan liian paljon hankalasti ratkaistavia ongelmia.

4.5.4 Vaihtoehto 3

Kolmannessa vaihtoehdossa lähdettiin tutkimaan jousien käytön mahdollisuutta värähtelevän liikkeen toteutuksessa. Pyrkimyksenä oli sijoittaa perusrungon jokaiseen reunaan ja pitkien sivujen välille tasaisesti jousia, joiden varassa välirunko ja näin ollen koko seula sekä syöttökuljetin systeemi värähtelisi. Kuvasta 36 näkee tarkemmin jousien sijoittelun pohjarungon sisään. Jousien kiinnitys pohjarungon ja välirungon välillä tapahtuisi jousen läpi menevän pultin avulla.



Kuva 36 . Jousien varaan rakennettu pohjarunko (kuva: Sami Oinonen 2014).

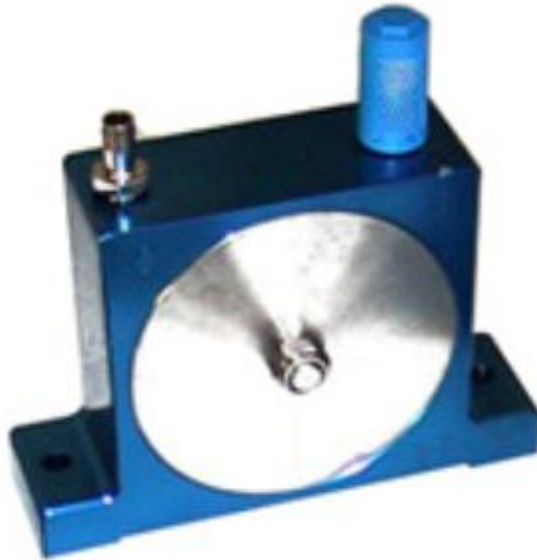
Tämä vaihtoehto oli pitkään mukana suunnittelussa, mutta loppujen lopuksi todettiin jousien varassa olevan systeemin hankala toteutus sekä laskentatyön suuri määrä tämän opinnäytetyön puitteissa liian suureksi. Tämä malli olisi toteutuksen kannalta toimivakin ratkaisutapa. Tällaisia toteutustapoja on paljon esimerkiksi soranerottelulaitteistoissa käytössä. Komponenttien määrä ja seulaosan irroteltavuus tulisivat myös hankaloittamaan prototyypin toimivuutta.

4.6 Tärymoottori

Tärymoottorin valinnassa otettiin ensimmäisenä huomioon tarvittavan kokonaispainon määrä, jota tullaan täryttämään. Todellisessa tilanteessa lehtijousien taajuudet pyörivät alle 1000 r/min, jolloin tärymoottorilta vaaditaan vähintään sen verran olevia nopeuksia. Alustavassa valinnassa valittiin laskujenkin pohjalle tuo Vibratec Oy: n paineilmakäyttöinen VP 16 lineaaritärytin. Kokonaisvoimaa täry antaa 1680 N. Taajuusalue ulottuu jopa 2500 rpm. Lopullisessa tuotteessa voitaisiin määrittää huomattavasti pienempikin tärymoottori, mutta laitteiston säädettävyyden takia tulee olla mahdollisuus käyttää suurempaa moottoria.

4.6.1 Testaus

Alkuperäisen suunnitelman mukaan tärymoottoriksi oli valikoitumassa pyörivään liikkeeseen perustuva kuulatärytin VK 16, jota testattiin Polyamidi levyn kanssa (kuva 37 ja 38). Testausvaiheessa huomattiin tärkeäksi valita sellainen tärymoottori, jonka liike perustuu lineaarisuuteen. Tällöin kohdistuva voima saadaan tarkemmin värähtelevän elementin varassa tärähtelevään seularatkaisuun.



Kuva 37 . VK 16 tärymoottori (Vibratec Oy 2014).

Samassa testausvaiheessa huomattiin tärkeäksi huomioida seulan rakenteen aallonpituudet. Kuvasta 38 voitiin todeta Polyamidilevyn tulevia aaltojen solmukohtia. Solmukohtat näkyvät kuvassa kasaan kerääntyvinä kekoina. Lähtötilanteessa kumirouhepalat heitettiin tasaiseksi matoksi Polyamidilevyn päälle.



Kuva 38 . Tärytestiä Polyamidilevyllä (Rantakangas 2014).

Testausta suoritettiin sijoittamalla tärymoottoria levyn useisiin eri kohtiin, jolloin saatiin selville värinän taajuuden muutokset aallonpituuksina. Paineilmaa säädettiin käsikäyttöisestä paineventtiilistä käsin säätäen aina 6 bar asti. Testausvaiheessa suoritettiin erilaisien kiinnitystapojen testausta. Kuvasta 39 näkyy parhaiten toiminut vaihtoehto. Toisena vaihtoehtona oli suora kiinnitys levyyn, jolloin edellä mainittujen kumirouheiden kasaantumista tapahtui huomattavasti enemmän.



Kuva 39 . Tärymoottorin kiinnitys jousien varaan (kuva: Jussi Rantakangas 2014).

Kiinnitystapoja vaihtamalla saatiin selville myös tärkeää tietoa kiinnityksiin liittyen. Pulttien kiinnityksessä tulee käyttää mahdollisimman hyvää lukitusysteemiä, jolloin dynaamisen kuorman aiheuttama pultin ruuvautuminen auki olisi mahdollisimman vähäistä. Testausvaiheessa alle 30 minuutin testissä pulttien irti ruuvautumista tapahtui useita kertoja.

Testaus suoritettiin Karelia-ammattikorkeakoulun tiloissa, joista saatiin laitteisto vaadittaviin toimintoihin. Testauksen tarkoituksena oli paikoittaa tärymoottorin paikkaa parhaan mahdollisen värähtelyn saamiseksi. Pituussuunnassa testattaessa ei tapahtunut kovinkaan suuria muutoksia, mutta leveyssuunnassa täryä siirrettäessä oli huomattaviakin eroja. Tässä vaiheessa tarkasteltiin yleisesti tärymoottorin toimintaa, koska kyseinen laitteisto oli ennalta tuntematon.

4.6.2 Valinta

Toimeksiantajan toivomuksesta päädyttiin käyttämään Vibratec Oy:n tuotteita. Testauksen, taustatiedon kartuttamisen ja vastaavien olemassa olevien laitteiden tutkimisen jälkeen päädyttiin valitsemaan lineaariliikkeinen tärymoottori. Valittiin paineilmakäyttöinen mäntätärytin VP 16. Kuvasta 40 näkyy mäntätäryttimien mallit ja ympyröitynä valitsemamme malli (Vibratec Oy 2014). Lisätietoja tuotteen teknisistä tiedoista löytyy liitteestä 6.

PAINEILMAKÄYTTÖISET MÄNTÄTÄRYTTIMET



Kuva 40 . Mäntätärytinvaihtoehdot (Vibratec Oy 2014).

4.7 Prototyypin hahmotelmat

Prototyypivaihtoehtoja tuli loppuun asti mietittyinä vain muutama. Matkalla oli useita vaihtoehtoja, mutta useimmiten jotkin välikokoonpanot olivat ratkaisemassa hahmotelmien jättämisen sivuun prototyypin suunnittelun osalta. Seuraavassa esitellään vaihtoehdot lukuun ottamatta lopputuotteen prototyypin mallia. Puolittaisia ajatuksia, joista ei tullut toteuttamiskelpoisia vaihtoehtoja lopputuotteen kannalta, oli vielä prototyypin viimeistelyvaiheessa erittäin monta.

4.7.1 Hahmotelmien vertailu

Taulukossa 4 on vertailtu eri vaihtoehtojen soveltuvuutta yksinkertaisesti \pm arvioinnilla. Taulukon vertailutekijöiksi valittiin vaatimuslistan pohjalta tärkeimmiksi koetut vertailutekijät ja vertailutekijät listattiin painotusarvon mukaan.

Taulukko 4. Prototyypivaihtoehtojen vertailua.

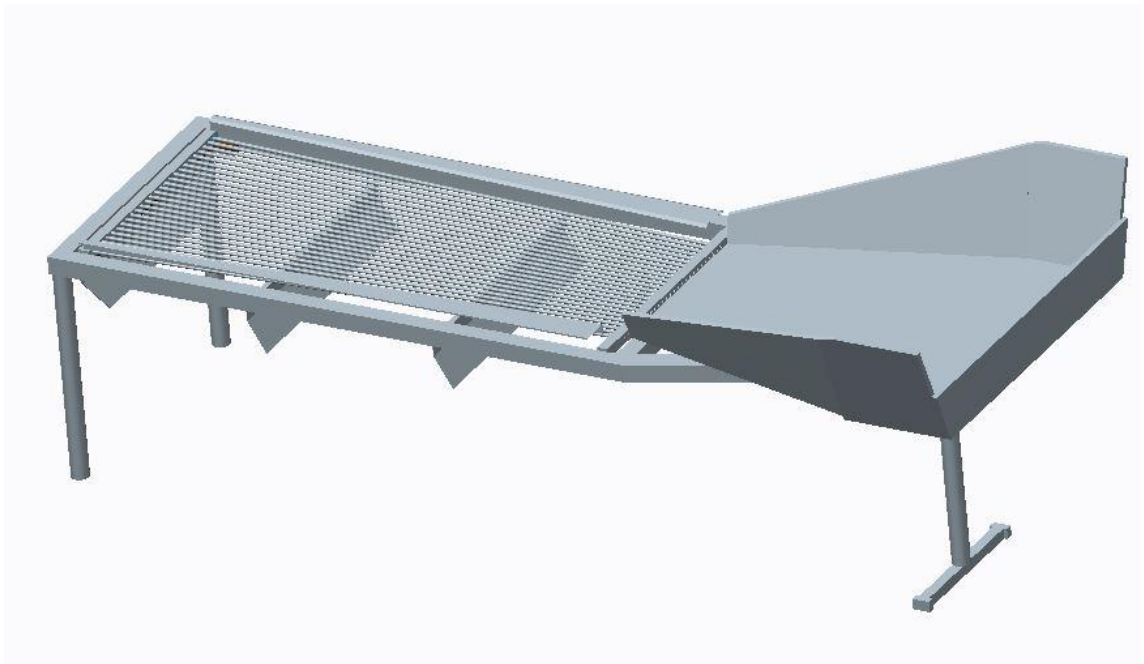
Vertailutekijä	Painotusarvo Max 100	Hahmotelma 1	Hahmotelma 2	Hahmotelma 3	Prototyyppi
Toteutettavuus	10	+	+	+	+
Värähtely	25	-	+	+	+
Materiaalit	10	+	+	+	-
Muunneltavuus	25	-	-	-	+
Korkeuden säätö	15	-	-	+	+
Liikuteltavuus	15	-	+	+	+
Painotus yhteensä	100	20	60	75	90

Kun taulukon 4 pohjalta arvioitiin prototyypin toteutusvaihtoehtoja, huomattiin viimeisen mallin olevan lähimpänä painotusarvon huippuarvoja. Lopullisen prototyypin luon-

nostelussa oli pitkään mukana vaihtoehto, jossa laite rakennettaisiin jousien varaan. Lopputuotteen vaatimuksien osalta ja varsin pienen testauksen avulla jousikomponenttien varaan rakennettu täryseula voitaisiin toteuttaa onnistuneesti. Lopputuotteen tärytys päädyttiin ratkaisemaan hieman erilaisella jousikomponentilla.

4.7.2 Hahmotelma 1

Ensimmäinen ja alustava hahmotelma, josta tehtiin prototyypin 3D-malli, oli kuvan 41 mukainen. Ratkaisu oli hyvin pitkälle raakaversio silloin tiedossa olleista vaatimuksista. Kyseessä oli varsin päällisin puolin suunniteltu ratkaisu, johon vaikuttivat vielä lopputuotteen käyttökohde. Kuvassa 41 on konkreettisesti esitelty ensimmäisen hahmotelman malli paremmin ja varsin yksinkertaiseksi pelkistetyssä muodossa. Tässä prototyypissä on seulan värähtelyn toiminnaksi suunniteltu aiemmin esitelty (luku 4.5.2) nivelletyn akselin ja kumityynyjen varassa oleva tärinä.



Kuva 41 . Hahmotelma 1 (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.7.3 Hahmotelma 2

Toisessa hahmotelmassa suunnittelu on edennyt jo yksityiskohtaisempiin muotoiluihin ja ratkaisuvaihtoehtoihin. Tässä vaihtoehdossa runkomalli alkaa olla jo lopputuotteen kannalta lähellä lopullista muotoiluaan. Värähtely on ratkaistu kahdella paineilmatäryllä ja seulaa sekä syöttökuljetinta tärytetään jousien varassa. Tässä vaihtoehdossa huomionarvoista on se, että korkeudensäätö on toteutettu pelkästään nokkapyörän säädöllä ja laitetta ei saada kiinteästi maahan. Kuvasta 42 voidaan todeta konkreettisesti mallin tekniset ratkaisut.

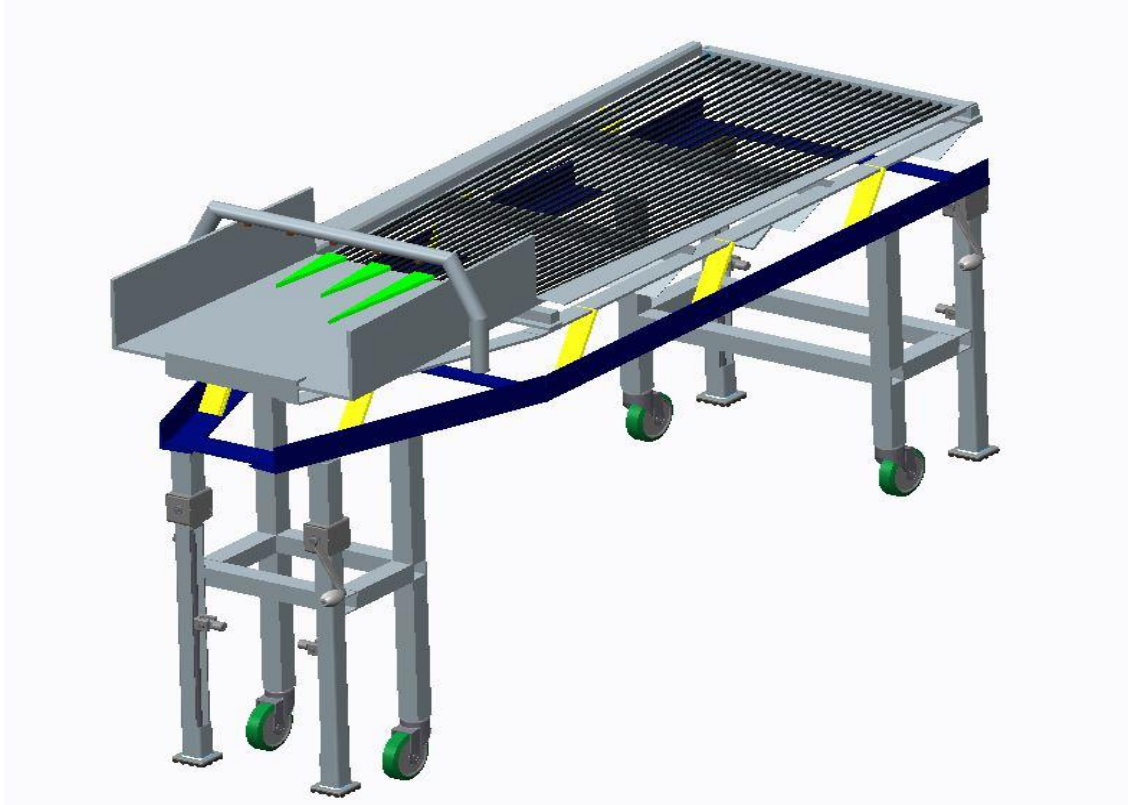


Kuva 42 . Hahmotelma 2 (kuva: Sami Oinonen 2014).

4.7.4 Hahmotelma 3

Kolmannessa vaihtoehdossa ollaan jo prototyyppivaihetta ajatellen lähimpänä viimeistä ratkaisua. Tässä vaiheessa on suunniteltu sekä laitteen siirtomahdollisuus, että laitteen tukeminen kiinteiden jalkojensa varaan. Huomattavaa on se, että molemmissa päissä on mekaaninen korkeudensäätö. Tässä vaihtoehdossa on huomioitu jo lopputuotteeseen tuleva suihkuputki. Hahmotelmaan ei ole sijoitettu vielä tärymoottoria paikalleen, mutta prototyypissä tullaan toteuttamaan värähtely yhdellä tärymoottorilla, aiemman kahden sijaan. Tämä siitä syystä, että täryjen tahdistaminen samaan tahtiin on kohtuullisen

haasteellista ja toteutus koettiin siltä osin helpommaksi yhdellä moottorilla. Kuvasta 43 nähdään kuinka seula sekä syöttökuljetin ovat erillisen rungon päällä ja koko laitteistoa tärytetään lehtijousitankojen varassa.



Kuva 43 . Hahmotelma 3 (kuva: Sami Oinonen 2014).

5 Liitokset ja lujuuslaskenta

5.1 Laskennan peruseriaatteen

Suunnittelun lähtökohtina on pidetty esimerkiksi koneensuunnittelijoiden varmuuskertoiminta, joka on 1,5 (Nupponen 2014). Varmuuskertoimen luku ei ollut vakio suunnittelun missään vaiheessa vaan sitä muokattiin oman tuntuman ja toimeksiantajan yhteistyöllä sopivaksi rakenteiden eri osiin. Seuraavissa vaiheissa on huomioitu kalanerottelulaitteen toteutuksen kannalta tärkeimmät vaatimuslistan kohteet. Kaikkea ei käytettävän ajan puitteissa ollut mahdollista käsitellä, mutta oleelliset ja laitteistoon tärkeimmät vaikuttavat tekijät huomioitiin mahdollisuuksien mukaan.

5.2 Hitsausliitokset

Kalanerottelulaitteen hitsisaumojen määrittäminen käytiin läpi konkreettisesti niin, että kaikki laitteeseen tulevat saumat tulee hitsata kokonaan umpeen. Tämä siitä syystä, että laitteen puhdistaminen tulee olla mahdollisimman helppoa ja hitsisaumojen tulee olla tasaisia, jolloin mikrobien kerääntyminen hitsisaumojen huokosiin ei ole mahdollista ja materiaalien puhdistuvuus on parhaimmillaan (Malinen 2014).

Hitsisaumat määritettiin yksinkertaisen mitoituksen mukaan seuraavalla kaavalla

$$F_{v,Ed} \leq F_{w,Rd}, \text{ kun } F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a \text{ ja } f_{vw,d} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_m * \gamma_{m2}} \text{ (Leino 2006)}.$$

Kaavan merkinnät ovat

$F_{v,Ed}$ = hitsissä vaikuttavien voimien resultantin mitoitusarvo yksikköpituutta kohden.

$F_{w,Rd}$ = Hitsien kestävyys mitoitusarvo yksikköpituutta kohden.

$f_{vw,d}$ = Hitsien leikkauslujuuden mitoitusarvo.

β_m = Korrelaatiokerroin (ruostumattomilla teräksillä 1, SFS-EN 1993-1-4).

γ_{m2} = Materiaaliosavarmuusluku 1.25.

Laskettiin hitsille leikkauslujuuden mitoitusarvo seuraavasti

$$f_{vw,d} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_m \gamma_{m2}} = \frac{\left(\frac{700 \frac{n}{mm^2}}{\sqrt{3}} \right)}{1 * 1.25} \approx 324 \frac{n}{mm^2}.$$

Laskettiin pienimmän a-mitan mukaan hitsien jännitykset eri komponenteilla olevilla hitsin pituuksilla. Kokonaisvoimana käytettiin aiemmin määritettyä 10 kN voimaa.

Laskettiin leikkauslujuuden ja minimi a-mitan arvolla (3 mm) hitsin kestävyuden mitoitusarvo seuraavasti

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a \rightarrow F_{w,Rd} = 324 \frac{N}{mm^2} * 3 mm \approx 972 \frac{N}{mm} \text{ (SFS 2373 1980).}$$

Seuraavaksi laskettiin hitsissä vaikuttavien voimien resultantin mitoitusarvo hitsaus-
sauman yksikköpituutta kohden. Voiman arvo on tässä tapauksessa 10 000 N ja l-pituus
on hitsattavan elementin koko hitsin pituus. Saatiin laskettua kaavasta

$$F_{v,Ed} = \frac{\text{Kokonaisrasitus}}{\text{hitsin pituus}} \text{ (Leino 2006).}$$

Taulukossa 5 esitellään erilaisille hitsin pituuksille saatuja mitoitusarvoja ja liitteessä 11
on osakuvissa ilmoitettuna eri kohdat, mistä hitsit on määritelty. Tärkeää on huomata,
että hitsit on kaikissa hitsattu ympäri, jolloin l-pituus merkitsee eri tankomateriaalien
ympärysmittaa.

Taulukko 5. Hitsisaumojen kestävyysien vertailutaulukko

Osa	Profiili	$F_{v,Ed}$ N/mm	$F_{w,Rd}$ N/mm	a-mitta mm	l-pituus mm
Pohjarunko	Kulmatanko 50x50x5	35,4	972	3	282,2
Välirunko	Lattatanko 40x5	44,2	972	3	226,4
Etupään jalkojen väliputki	Suorakaideputki 100x50x5	50 25	972 972	3	100 200
	Neliöputki 50x50x4	50	972	3	200
Takapään nivelien kiinnityspalkki	Putki 40mm	125	972	3	80
	Laikka 10mm	100	972	3	100
Laikka etupäälle	Laikka 10mm	50	972	3	200
	Suorakaideputki 100x50x5	18,9	972	3	530
Tärymoottorin kiinnityspalkki	Suorakaideputki 80x60x2	125	972	3	80

Verrattiin yksinkertaisen hitsiliitoksen mitoittamisohjeen perusteella saatuja tuloksia seuraavalla tavalla

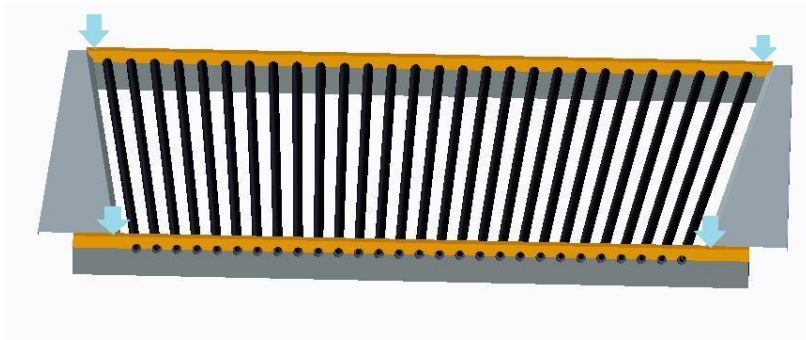
$$F_{v,Ed} \leq F_{w,Rd} \text{ (Leino 2006).}$$

Tulosten perusteella voitiin todeta hitsien a-mitaksi valittua arvoa jo niin kestäväksi, että kestävyys suhteen ei tule ongelmia. Voimat, jotka kohdistuvat yhdelle hitsiliitokselle ovat käytännössä huomattavan paljon pienempiä kuin mitoittamiseen käytetty 10 kN voima. Näiden perusteella voitiin todeta hitsiliitoksille tulevien a-mittojen olevan 3 mm vahvuusina riittävän kestäviä kohdistuviin rasituksiin nähden.

5.3 Ruuviliitokset

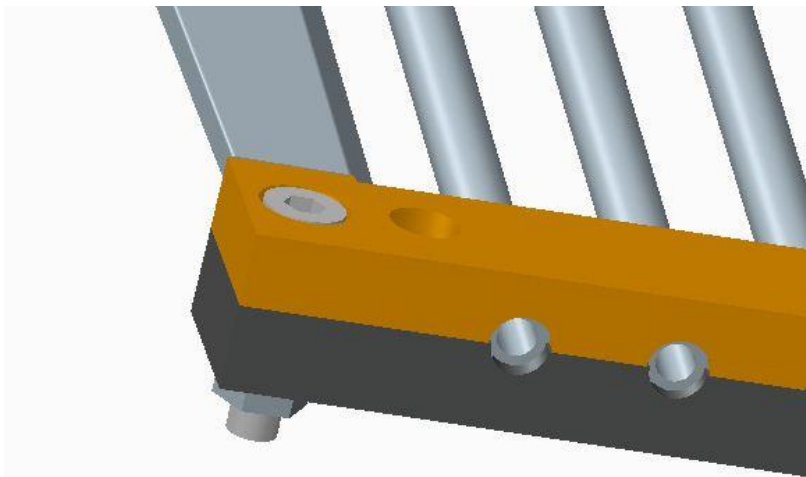
Ruuviliitoksissa käytettiin samanlaisia materiaaleja kuin runkomateriaaleissa aiemmin. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tuotteita ja lujuusluokituksestaan nämä ovat A4. Näistä materiaaleista valmistettuja tuotteita ja niiden mekaanisten sovellutuksien määrityksiin käytetään ISO 3506 standardia.

Seuraavissa luvuissa käsiteltävät ruuvien kuormituskestävyydet on määritelty seulan kiinnitysruuvien kohdista, jotka sijaitsevat kuvan 44 osoittamissa kohdissa. Päädyttiin määrittämään pulttien kestävyys seulan osalta, koska todettiin niiden kestävyden olevan laitteen toiminnan kannalta tärkeimmässä roolissa.



Kuva 44 . Ruuvien paikat seulassa (kuva: Sami Oinonen 2014).

Kuvasta 45 nähdään vielä tarkemmin pultin paikka ylä- ja alapuolen kannatinrautojen kiinnityksessä.



Kuva 45 . Kiinnityspultin paikka seularakenteessa (kuva: Sami Oinonen 2014).

5.3.1 Leikkauskuormitus

Ruuviliitoksen laskennassa määritettiin tärkeimmät leikkauskuormituksen kohteet pulttiliitoksien osalta. Leikkauskuormitus laskettiin suurimman voimantuoton arvolla eli määritettiin seulan tankojen välinen kiinnitysruuvi niin, että siihen kohdistuvien voimien määrä ei ylitä ruuvien lujuusarvoja. Aiemmin esitellyistä kuvista 44 & 45 nähdään tarkemmin laskettavien pulttien paikat. Seuraavalla kaavalla määritettiin pultille kohdistuvan voiman määrä

$$F_{v,Rd} \leq \left(\frac{a_v * f_{ub} * A * M}{\gamma_{M2}} \right) \text{ (SFS EN 1993-1-4 2006).}$$

Kaavan merkinnät

$$a_v = 0.6$$

$$f_{ub} = 700 \text{ N/mm}^2$$

$A = 20.1 \text{ mm}^2$ on nimellinen jännityspoikkipinta-ala M 6 pultille (Valtanen 2010, 750).

$M =$ Leikkeisyys (Tarkasteltavassa tilanteessa yksileikkeinen eli arvo 1)

Arvot sijoitettiin kaavaan ja leikkausvoiman arvoksi saatiin

$$F_{v,Rd} \leq \left(\frac{a_v * f_{ub} * A * M}{\gamma_{M2}} \right) \rightarrow F_{v,Rd} \leq \left(\frac{0.6 * 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 20.1 \text{ mm}^2 * 1}{1.25} \right) \rightarrow$$

$$F_{v,Rd} \leq 6755 \text{ N} .$$

Pultille kohdistuvan voiman määrä ei saa ylittää missään vaiheessa 7000 N voimaa. Todellinen kokonaismassa yhdistettynä ulkoisten voimien määrään ei tule ylittämään 7000 N voimaa. Huomioitiin vielä se, että voima jakautuu neljään kulmaan ja neljälle ruuville tasaisesti, jolloin yhdelle ruuville kohdistuvan voiman arvo ei tule merkittävän korkeaksi missään vaiheessa. Lopputuotteessa tullaan kiinnittämään seulan komponentit kahdella erillisellä pultilla, joista toinen on vahvuudeltaan M 6 ja toinen M 8. Kokonaisuus tulee sisältämään kahdeksan ruuvia, jolloin kestävyys kannalta merkittäviä voimia ei tule pulttien kestävyys kannalta olemaan.

5.3.2 Yhdistetty leikkaus- ja vetokuormitus

Laskettiin edellisessä kappaleessa esitettyyn (kuvat 44 & 45) ruuvien kohtaan vielä yhdistetyn leikkauksen ja vetokuormituksen kestävyys. Leikkausvoiman arvoksi määritettiin 30 ° kulmasta saatu tärymoottorin voima 840 N. Täryvoimaan lisättiin kalojen ja seulan painosta aiheutuva leikkausvoima, joka on 1000 N. Kokonaisleikkausvoima on yhteensä 1840 N. Vetokuormituksen arvoksi laskettiin tärymoottorista aiheutuva normaalivoima, joka on 30 ° kulmasta laskettuna 1455 N.

Leikkausmurtolujuuden määrittämisessä käytettiin 60 % arvoa pultin vetomurtolujuudesta. Vertailua kestävyiden osalta voidaan suorittaa seuraavan kaavan avulla

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \text{ (SFS EN 1993-1-4 2006)}.$$

Kaavan merkinnät ovat

$F_{v,Ed}$ = Leikkausvoiman arvo eli 1840 N

$F_{v,Rd}$ = Leikkausmurtokuorma eli $0,6 \cdot 16100 \text{ N} = 9660 \text{ N}$ (Valtanen 2010, 750).

$F_{t,Ed}$ = Normaalivoiman tuoma kuormitus eli 1455 N

$F_{t,Rd}$ = Normaalivoiman vähimmäisvetokuorma 16100 N

Sijoitettiin arvot kaavaan ja laskettiin yhdistetty kuorma seuraavasti

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{1840 \text{ N}}{9660 \text{ N}} + \frac{1455 \text{ N}}{1,4 \cdot 16100 \text{ N}} \leq 1 \rightarrow 0,26 \leq 1 \rightarrow OK!$$

Yhdistetyn kuormituksen arvo jää selkeästi vertailuarvon 1 alle, jolloin voitiin varmistua rakenteen kestävydestä myös yhdistetyn kuormitustapauksen osalta.

5.3.3 Palamurtuminen

Laskettiin samaan tapaukseen vielä kolmanneksi kriittisin vaihtoehto eli palamurtuminen. Todettiin kuormituksen olevan keskeinen, koska välirungon tulisi jakaa kohdistuvat voimat tasaisesti koko rakenteelle ja näin ollen myös pulttiliitoksille. Keskeisen kuormitustyyppin kaava on

$$V_{eff,1,Rd} \leq \frac{f_u * \left(\frac{A_{nt}}{\gamma_{M2}}\right) + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) * f_y * A_{nv}}{\gamma_{M0}} \quad (\text{SFS EN 1993-1-8 2005}).$$

Kaavan sisältämät merkinnät ovat

A_{nt} = Vedon rasittama nettopinta-ala eli pultin kannan pinta-ala 25,8 mm²

A_{nv} = Leikkauksen rasittama nettopinta-ala M6 pultilla 20.1 mm²

γ_{M0} = Ruostumattomille teräksille 1.1

f_u = Murtoraja eli 700 N/mm²

f_y = Myötöraja eli 450 N/mm²

γ_{M2} = Materiaaliosavarmuusluku 1.25

Sijoitettiin arvot kaavaan jolloin palamurtumisen kestävyudeksi saadaan

$$V_{eff,1,Rd} \leq \frac{f_u * \left(\frac{A_{nt}}{\gamma_{M2}}\right) + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) * f_y * A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$\rightarrow V_{eff,1,Rd} \leq \left(\frac{\left(700 \frac{N}{mm^2} * \left(\frac{25,8 mm^2}{1.25}\right) + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) * 450 \frac{N}{mm^2} * 20.1 mm^2\right)}{1.1} \right)$$

$$\rightarrow V_{eff,1,Rd} \leq 17882 N.$$

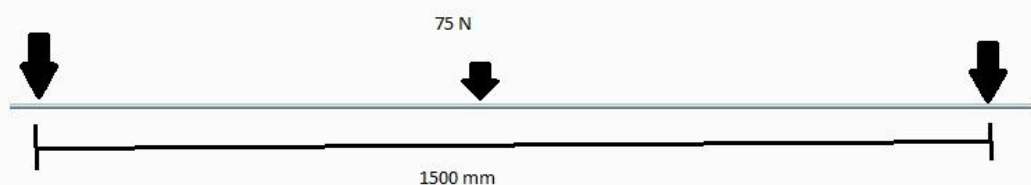
Tuloksen perusteella voitiin todeta ruuville kohdistuvien voimien olevan niin pieniä, jolloin palamurtumisenkaan suhteen ei tule olemaan ongelmia. Dynaamisen kuormituksen takia päädyttiin huomattavasti suurempia voimia kestäviin pultteihin, jolloin tärymoottorin säätämisestä aiheutuvat voimat eivät tule ensimmäiseksi rakenteiden kiinnityksissä rajoittavaksi tekijäksi.

5.4 Lujuuslaskenta kalanerottelijassa

Lujuuslaskennan suunnittelussa lähdettiin siitä, että tarkastellaan laitteen oletettavasti kriittisimpiä alueita. Rakenteelle oletettiin tärkeimmät jännityksien alueet ja laskettiin niille tarvittavat laskelmat, joilla varmistuttiin siitä, että rakenne kestää siihen kohdistuvat voimat. Väsymislujuuksien määrittämisen jälkeen apuna käytettiin Smithin väsymislujuus piirroksia taivutuksen osalle, koska laitteessamme on dynaamista kuormitusta. Käyrästä verrattiin lähimpänä käytettävän Aisi 316/ 1.4401 materiaalin kanssa olevaa arvoa seosaineiden pohjalta tarkasteltuna. Suoraan samoilla seosaineilla olevia materiaaleja löytyi kohtuullisesti ja pystyttiin varmistumaan tietojen pätevyydestä (Kuva 47). (Airila ym. 1995, 774.)

5.4.1 Taivutusjännityksen laskenta pyörötangolle

Taivutusjännityksen laskennassa oleellisia tietoja saadaan pyörötangolle laskettavan momentin avulla. Kuvasta 46 saadaan tarkemmat voiman sijoittumiset yhtä tankoa tarkasteltaessa ja samasta kuvasta selviää myös seulatangon tehollinen pituus. Todellinen pituus on 1545 mm, mutta kiinteästi päistään tuettu tankoelementti on loppupituudeltaan 1500 mm. Todettiin myös, että tukitangon päät eivät kierry.



Kuva 46 . Pyörötangon ja putken voimakuva (kuva: Sami Oinonen 2014).

Momentti laskettiin kaksitukisen palkin momentin kaavasta

$$M = \frac{f \cdot l}{4} \text{ (Valtanen 2010, 407).}$$

Kaavan sisältämä voima on

$f = 1680 \text{ N} + 196 \text{ N} = 1876 \text{ N}$. Saatua tulosta jaettiin tankojen minimimäärällä eli 25:llä, jolloin

$$f = \frac{1876 \text{ N}}{25} \approx 75 \text{ N}.$$

$l = 1500 \text{ mm}$ ja momentiksi saatiin täten seuraavaa

$$M = \frac{75 \text{ N} \cdot 1500 \text{ mm}}{4} = 28125 \text{ N/mm}.$$

Seuraavaksi tarkasteltiin tangolle kohdistuvaa taivutusjännitystä taivutusjännityksen kaavasta

$$\sigma_t = \frac{M}{W} \text{ (Valtanen 2010, 461).}$$

σ = Taivutusjännitys

M = Momentti eli 28125 N/mm

W = Taivutusvastus pyörötangolle eli

$$\frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 10^3}{32} = 98,2 \text{ mm}^3,$$

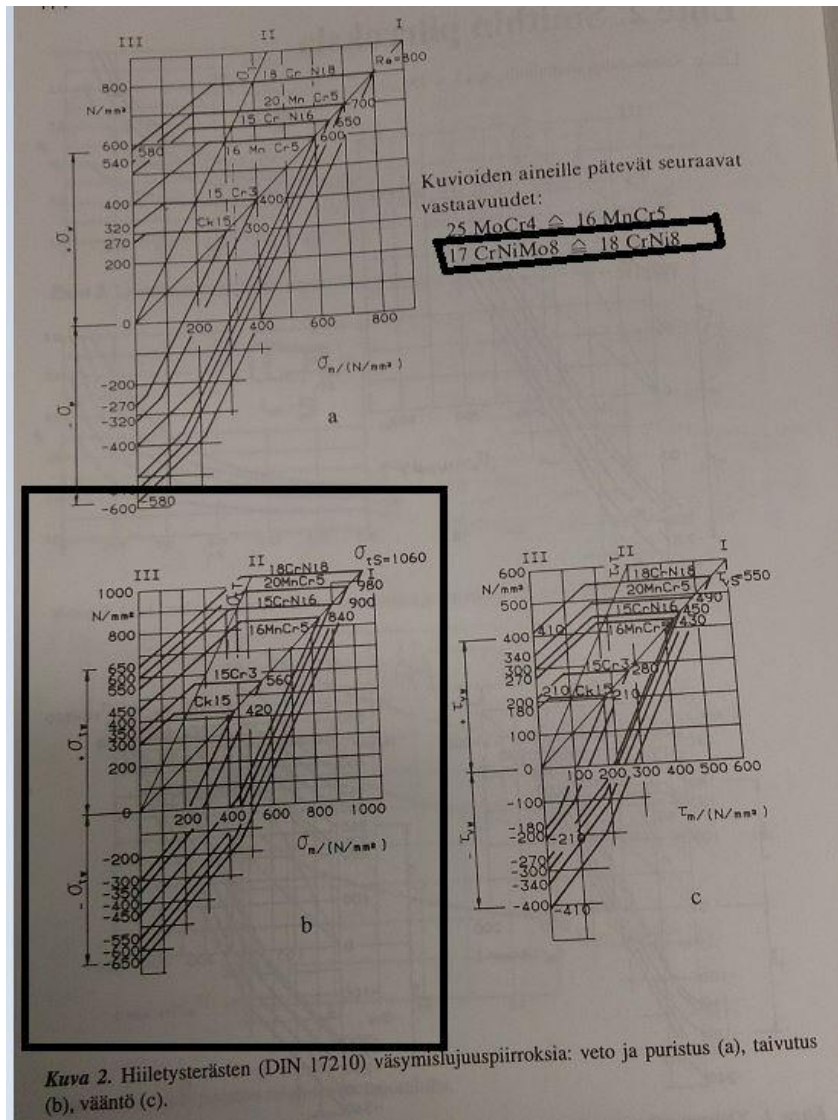
jossa d = Pyörötangon halkaisija eli 10 mm (Valtanen 2010, 463).

Taivutusjännitykseksi saatiin

$$\sigma_t = \frac{M}{W} = \frac{28125 \text{ N/mm}}{98,2 \text{ mm}^3} \approx 287 \text{ N/mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 461).}$$

Saatua tulosta verrattiin Smithin käyrästöön, josta huomattiin, että taivutukselta tulevat jännitykset pysyvät käyrästöjen sisäpuolella (kuva 47). Smithin käyrästöjä luetaan niin, että nolla pisteen kohdalle laitetaan staattinen kokonaisjännitys. Seuraavaksi arvioidaan dynaamisen kuormituksen heilahtelu ja sen jännitysten heilahtelu ei saa ylittää Smithin käyrästöistä nollan kummallakaan puolella materiaalin raja-arvoista kertovia viivoja. Todettiin dynaamisen kuormituksen osalta, että se ei tule staattisen jännityksen arvoa ylittämään. Staattisen jännityksen arvo on arvioitu jo niin suureksi, että dynaaminen kuorma tulee olemaan vähintään puolet vähemmän kuin staattisen jännityksen vastaava

laskettu arvo. Tähän päädyttiin aiemmin käsiteltyjen kappaleiden resonanssitaajuuden kohdalla, jolloin tärymoottorista aiheutuvat voimat jännityksen osalta jäävät murto-osaan laskennalliseen staattisen jännityksen arvoon nähden. Tästä syystä voitiin verrata heilahdus arvona staattisen jännityksen arvoa 287 N/mm^2 ja huomattiin, että myös tällä arvolla tullaan kestävyyspuolesta olemaan Smithin käyrästä sisäpuolella. Huomionarvoista on myös, että tilanne on varsin paljon ylimitoitettu ja todellisuudessa voima, joka kohdistuu tangolle, on huomattavasti pienempi. Vertailtaessa arvoja käyriin voitaisiin arvioinnissa käyttää pientä varmuuskerrointa, jolloin liian lähelle käyrästä reuna-arvoa mentäessä tuli tehdä muutoksia, mutta näihin seikkoihin ei tarvinnut edetä kestävyyspuolesta riittäessä.



Kuva 47 . Smithin väsymislujuuspiirroksia (Airila ym. 1995, 774)

5.4.2 Taipuman määrittäminen pyörötangolle

Taipuman mitoituksessa otettiin huomioon, että kohdistuva voima tulee pistekuormana keskelle tankoa, jolloin maksimi arvo on huomattavasti suurempi kuin se todellisuudessa tulee olemaan, jolloin varmuuskerroin on huomioitu laskentaan. Taipumaan aiheutuvan voiman arvioinnissa otettiin huomioon kaloilta kohdistuvan voiman määrän gravitaatiokiihtyvyyden suhteen, sekä tärymoottorilta tuleva voima. Kokonaisvoima saadaan tällöin laskettua seuraavasti

Kalojen painovoima ↓

Tärymoottorin voima ↑

eli saadaan, että

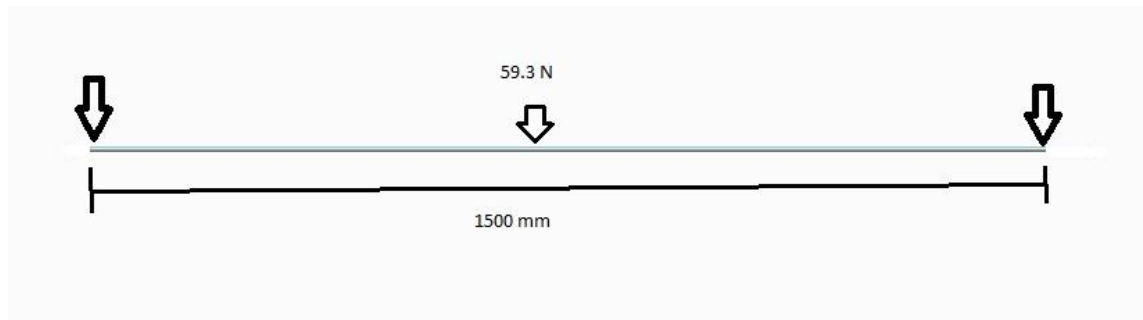
täryvoima (1680 N) –

Kalojen gravitaatiokiihtyvyyden suhteen tuleva voima tangoille $\left(20 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 1483,3 \text{ N}.$

Lasketaan, että vähimmäismäärä tankoja on 25 kpl, jolloin saatiin tangolle kohdistuvaksi voimaksi

$$F = \frac{1483,3 \text{ N}}{25} = 59,332 \text{ N}.$$

Todettiin, että tilanne on kaksitukisen kuormituksen alainen, koska molemmat päät on tuettu 1500 mm päähän toisistaan kiinteäksi kiinni kannakkeiden väliin, jolloin tanko ei pääse liikkumaan pituussuunnassa (kuva 48).



Kuva 48 . Voimapiirros tangolle (kuva: Sami Oinonen 2014).

Taipuma voitiin laskea seuraavasti

$$f = \frac{F \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot I} \text{ (Valtanen 2010, 411).}$$

Kaavan sisältämät merkinnät ovat

f = Taipuma

F = 59,3 N

l = 1500 mm

E = 193 000 N/mm²

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 10^4}{64} \approx 491 \text{ mm}^4 \text{ (Valtanen 2010, 463).}$$

Taipuman arvoksi saadaan siis

$$f = \frac{59,3 \text{ N} \cdot 1500^3 \text{ mm}}{192 \cdot 193\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 491 \frac{\text{mm}^4}{\text{mm}^4}} \approx 11,13 \text{ mm}.$$

Todettiin, että taipuma on reilun sentin luokkaa tapauksessa, jossa voima kohdistuu suoraan keskelle tankoa. Tangolle kohdistuvan voiman suuruus pistekuormana on 6 kg:n suuruinen ja yhteistyössä toimeksiantajan kanssa arvioitiin, että voima todellisuudessa on maksimissaan kolmasosa tuosta. Tällöin taipuman arvoksi saatiin seuraavaa

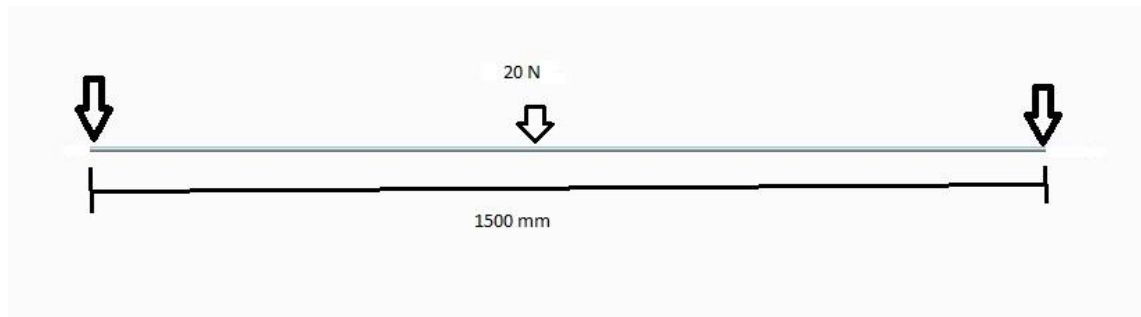
$$f = \frac{1}{3} \cdot 11,13 \text{ mm} = 3,71 \text{ mm}.$$

Arvioitiin tilanne niin, että suoraa voimaa ei kohdistuisi tärymoottorilta tangoille vaan välirakenteeseen. Tällöin voimaksi, joka kohdistuu yksittäiselle tangolle, olisi kaloilta

tuleva voima yhdistettynä tangon omaan massaan. Todettiin tilanne sellaiseksi, että päätimme laskea vielä haponkestävälle putkelle samanlaiset arvot ja verrattiin näitä kahta toisiinsa.

5.4.3 Taivutusjännityksen laskenta putkitangolle

Laskettiin toiseksi vaihtoehdoksi putkitangon momentti samalla kaavalla kuin aiemmin. Tarkempaa tarkastelua varten käytettiin suoraan laskennallisena voimana toimeksiintäjan kanssa sopimaa 20 N voimaa (kuva 49).



Kuva 49 . Voimapiirros (kuva: Sami Oinonen 2014).

Sijoitettiin seuraavat arvot momentin kaavaan

$$f = 20 \text{ N}$$

$l = 1500 \text{ mm}$ ja momentiksi saadaan täten seuraavaa

$$M = \frac{f \cdot l}{4} = \frac{20 \text{ N} \cdot 1500 \text{ mm}}{4} = 7500 \text{ N/mm}.$$

Seuraavaksi laskettiin taivutusvastus pyöröputkelle, joka saatiin seuraavasta kaavasta

$$W = \frac{\pi D^3}{32} * \left(1 - \left(d/D\right)^4\right) = \frac{\pi * 10,2^3}{32} * \left(1 - \left(6,2/10,2\right)^4\right) \approx 90 \text{ mm}^3 \text{ (Valtanen 2010, 463).}$$

Tarkasteltiin vielä tangolle kohdistuvan taivutusjännityksen suuruutta samalla tavalla kuin aiemmin.

σ = Taivutusjännitys

$M=7500 \text{ N/mm}$

$W= 90 \text{ mm}^3$

Kaavasta saatiin

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{7500 \text{ N/mm}}{90 \text{ mm}^3} = 83,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

Todettiin Smithin käyrästöjen avulla, että taivutukselle tuleva jännitys jää niin alhaiseksi, että se ei aiheuta huolta kestävyys suhteen (Valtanen 2010, 484).

5.4.4 Taipuman määrittäminen putkitangolle

Taipuma määritettiin samalla tavalla kaksitukisen pistekuormitus tapauksen mukaan. Laskettiin suurin taipuma putkitangolle samaisesta kaavasta, jota käytettiin jo aiemmin ja samoilla arvoilla kuin kuvassa 49. Arvot ovat tässä tapauksessa seuraavat

f = taipuma

F = Todellinen voima eli 20 N

l = 1500 mm

E = 193 000 N/mm²

$$I = \frac{\pi D^4}{64} * \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right) \approx 458,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^4},$$

jossa putken sisähalkaisija $d=6,2 \text{ mm}$ ja ulkohalkaisija $D=10,2 \text{ mm}$ (Valtanen 2010, 463).

Taipumaksi f saatiin

$$f = \frac{F * l^3}{192 * E * I} = \frac{20 \text{ N} * 1500^3 \text{ mm}}{192 * 193\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 458,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^4}} \approx 3,97 \text{ mm}.$$

Todettiin taipuman olevan merkityksettömän pieni ylimitoituksen mukaankin, jolloin ei anneta suunnittelulle niin paljon painoarvoa tämän suhteen ja voidaan olettaa tangon kestävyysden olevan sellainen, että se kestää siihen kohdistuvat rasitukset.

5.4.5 Taivutusjännityksen laskenta kiinnittimille

Lopputuloksen kannalta tärkeä asia on tarkastella pyörötankojen kiinnittimien kestävyttä aiheutuvien voimien osalta. Tarkasteltava alue valittiin sillä perusteella, että kiinnittimen tulee kestää sille aiheutuvat voimat niin, ettei seuraavassa luvussa tarkasteltava taipuma tule aiheuttamaan ongelmia tankojen kiinnityksen kannalta. Tärkeää on varmistua tankojen pysymisestä tiukasti kiinni. Kannattimien laskennassa käytettiin oletuksena sitä, että tärymoottorista aiheutuvat voimat ovat ainoita voimia, jotka kohdistuvat tankoihin. Laskennassa käytettiin aiemmin käytettyä momentin kaavaa seuraavilla arvoilla

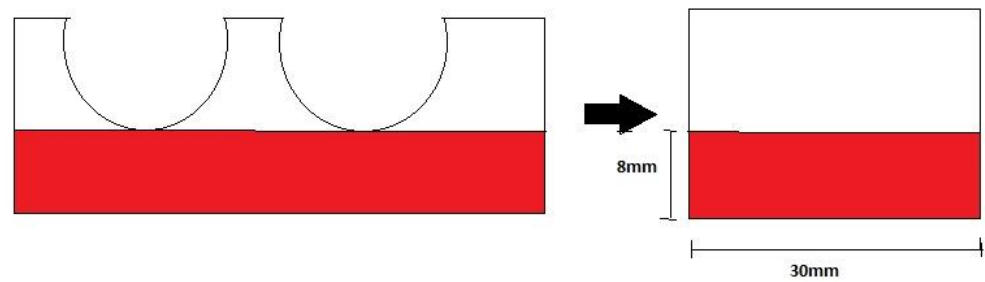
$F = 1680 \text{ N}$ eli suurimmalla voimalla, jota laitteistosta voi aiheutua, mutta jaettiin neljälle kannakkeelle, jolloin yhden kannakkeen voimaksi saatiin 420 N

$l = 700 \text{ mm}$,

jolloin momentiksi saadaan

$$M = \frac{420 \text{ N} \cdot 700 \text{ mm}}{4} \approx 73\,500 \frac{\text{N}}{\text{mm}}.$$

Momentin avulla saatiin selville taivutusjännityksen arvo, mutta sitä ennen tulee laskea taivutusvastus. Taivutusvastuksen laskennassa arvioitiin tilanne sellaiseksi, että tarkasteltava poikkipinta-ala olisi suorakaiteen muotoinen, jolloin laskennassa jätettiin pois tankojen väliin jäävät osat. Tämä siksi, että voitiin olettaa, että kannake kestää kyllä sille aiheutuvat rasitukset, mikäli tuo suorakaiteen muotoinen alue kestää sille aiheutuvat rasitukset. Kuvassa 50 näkyy taivutusvastuksen laskentaan käytetty alue. Halutesaan voi laskea tankojen määrän verran olevia ympyräkartion puolikkaita pois kokonaisuudesta suorakartion palasta, jolloin saataisiin tarkka määrittäminen, mutta tässä tapauksessa ei koettu sitä tarpeelliseksi vaan tarvittava kestävyys saadaan toteutumaan.



Kuva 50 . Taivutusvastuksen poikkileikkauskuva (kuva: Sami Oinonen 2014).

Taivutusvastus voitiin laskea seuraavasta kaavasta

$$W = \frac{a^2 * b}{6} = \frac{8^2 * 30}{6} = 320 \text{ mm}^3 \text{ (Valtanen 2010, 463).}$$

Yhdelle kiinnittimen puolikkaalle saatiin laskettua jännitys seuraavasti

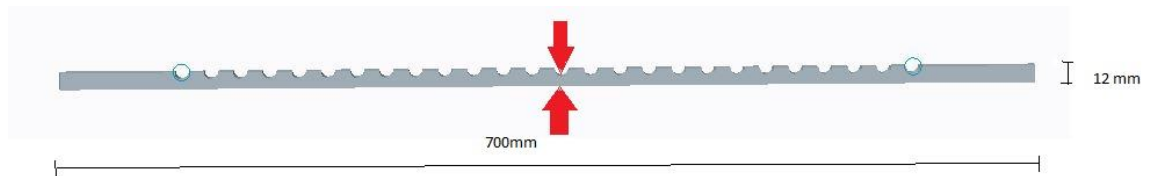
$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{73\,500 \text{ N/mm}}{320 \text{ mm}^3} = 230 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}.$$

Saatua tulosta verrattiin Smithin käyrästöihin ja todettiin, että rakenne on tarpeeksi kestävä siihen aiheutuvien voimien suhteen (Valtanen 2010, 461 ja 484).

Tilannetta tarkemmin tarkasteltaessa voitiin huomata myös se, että voima jakautuu melkein tasan kaikkien neljän kiinnittimen kanssa, jolloin voimat ja jännitykset voitiin olettaa vielä jakautuvan tasaisemmin. Kaiken kaikkiaan rakenteiden kestävyys kannalta ei tule olemaan ongelmaa.

5.4.6 Taipuman laskenta tankojen kiinnittimille

Tankojen kiinnittimien taipuman määrittäminen on tärkeässä roolissa lopputuotteen toimivuutta arvioitaessa. Tarkasteltava kohta tulee olemaan kuvan 51 mukaisessa kohdassa, jolloin voitiin todeta maksimaalinen taipuma yhden kiinnittimen osalta.



Kuva 51 . Yksi tankojen kiinnitin ja tarkasteltava kohta pistekuorman avulla (kuva: Sami Oinonen).

Todettiin, että kyseessä on molemmista päistään kiinnitetty palkki eli kaksitukinen palkki, jonka laskennallinen pituus on noin 700 mm. Todellisuudessa pituus on hiukan pienempi pulttikiinnityksen takia eli mukana on hieman varmuuskerrointa, jolloin voidaan varmistua paremmin taipuman määrästä. Taipuma on tietenkin pienempi, mitä pienempi tarkasteltava pituus on kiinnittimellä.

Taipuma laskettiin samalla tavalla kuin aiemmin seuraavia arvoja käyttäen:

f = Taipuma

F = 1680 N eli maksimiarvon mukaan laskettiin, mitä kuormitusta tapaukselle tulee, mutta jaettiin neljälle kannakkeelle erikseen jolloin voima on 420 N

l = 700 mm

E = 193 000 N/mm²

$$I = \frac{a^3 \cdot b}{12} = \frac{8^3 \cdot 30}{12} = 1280 \text{ mm}^4 \text{ (Valtanen 2010, 463).}$$

Taipuma tulee olemaan siis

$$f = \frac{420 \text{ N} \cdot 700^3 \text{ mm}}{192 \cdot 193\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1280 \text{ mm}^4} = 3 \text{ mm}.$$

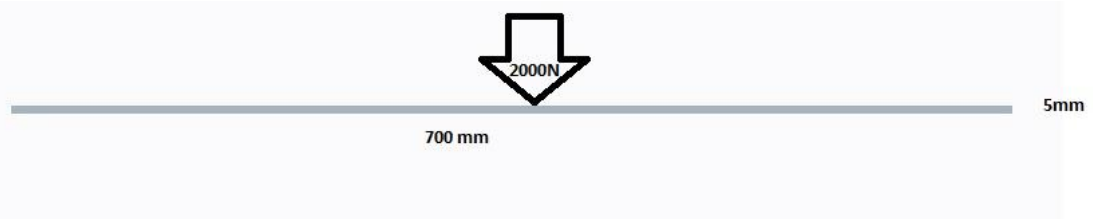
Todettiin taipuman olevan erittäin pieni ja varsinkin, kun se kohdistettiin laskennallisesti pelkästään yhteen kiinnikkeeseen. Näillä perusteluilla päädyttiin ratkaisuun, että rakenne kestää ja tankojen kiinnitys on pitävällä tasolla. Todellisuudessa voitiin olettaa, että pienemmälläkin kiinnikkeellä pärjättäisiin. Vahvempi materiaali valittiin toimivuuden varmistamiseksi, jolloin esimerkiksi tärymoottorin aiheuttamien voimien määrä ei

vaikuta rakenteisiin, jos haluttaisiin valita toiminnan varmistamiseksi esimerkiksi suurempi moottori kuin laskennoissa käyttämämme VP 16.

5.4.7 Välirungon taivutusjännitysten laskenta

Välirungon suunnittelussa huomioitiin tärymoottorilta tulevat voimat ja näin ollen niiden pohjalta laskettiin samalla tavalla kuin aiemmin lujuuslaskennan kohdassa taivutusjännitykset ja taipumat. Ensiksi laskettiin tangolle johon tärymoottori kiinnitetään siihen aiheutuva momentti. Voimana käytettiin hieman reilumpaa voimaa, jolloin varmuutta saatiin rakenteelle hieman enemmän (kuva 52). Voima F oli tässä tapauksessa 2000 N ja pituudeksi määritettiin vaatimusten mukainen 700 mm, joka todellisuudessa on hieman pienempi. Momentiksi saatiin seuraavaa

$$M = \frac{F \cdot l}{8} = \frac{2000 \text{ N} \cdot 700 \text{ mm}}{8} = 175\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \text{ (Valtanen 2010, 411).}$$



Kuva 52 . Sivuleikkaus tarkasteltavasta kohteesta (kuva: Sami Oinonen 2014).

Seuraavaksi määritettiin taivutusvastus. Lujuuden määrittämiseksi käytettiin lattatankoa 40 x 5 mm. Lattatangon valinta suoritettiin tärymoottorin asennukseen tarvittavan leveyden pohjalta. Pienimmillään se voitiin sijoittaa 40 x 5mm lattatankoon. Laskettiin lattatangolle taivutusvastus seuraavasti

$$W = \frac{a^2 \cdot b}{6} = \frac{5^2 \cdot 40}{6} \approx 167 \text{ mm}^3 \text{ (Valtanen 2010, 411).}$$

Taivutusvastuksen ja momentin sijoitus taivutusjännityksen yhtälöön seuraavasti

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{175\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{167 \text{ mm}^3} \approx 1048 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (Valtanen 2010, 461).}$$

Vertaamalla taivutusjännitystä aiemmin käyttämiimme Smithin käyrästöihin voitiin todeta, että välirunko ei kestä siihen kohdistuvia voimia taivutusjännityksen perusteella. Myöhemmin todetaan välirungon kiinnityspalkiksi suorakaideputki, joka kestää siihen aiheutuvat taivutusjännitykset huomattavasti paremmin.

5.4.8 Välirungon taipuman laskenta

Taipuman määrittämisessä tärkeäksi seikaksi nousee se, että välirunko tulee saada sellaiseksi, ettei tärymoottori aiheuta muuten resonoituvia osia. Tämä siitä syystä, että osien mekaanisessa murtumisessa käy samalla tavalla kuin rautalangalle sitä tarpeeksi taivuteltaessa. Taipuma aiheuttaa osien liikettä, jolloin osamurtumista voi ilmetä. (Tiainen 2014.)

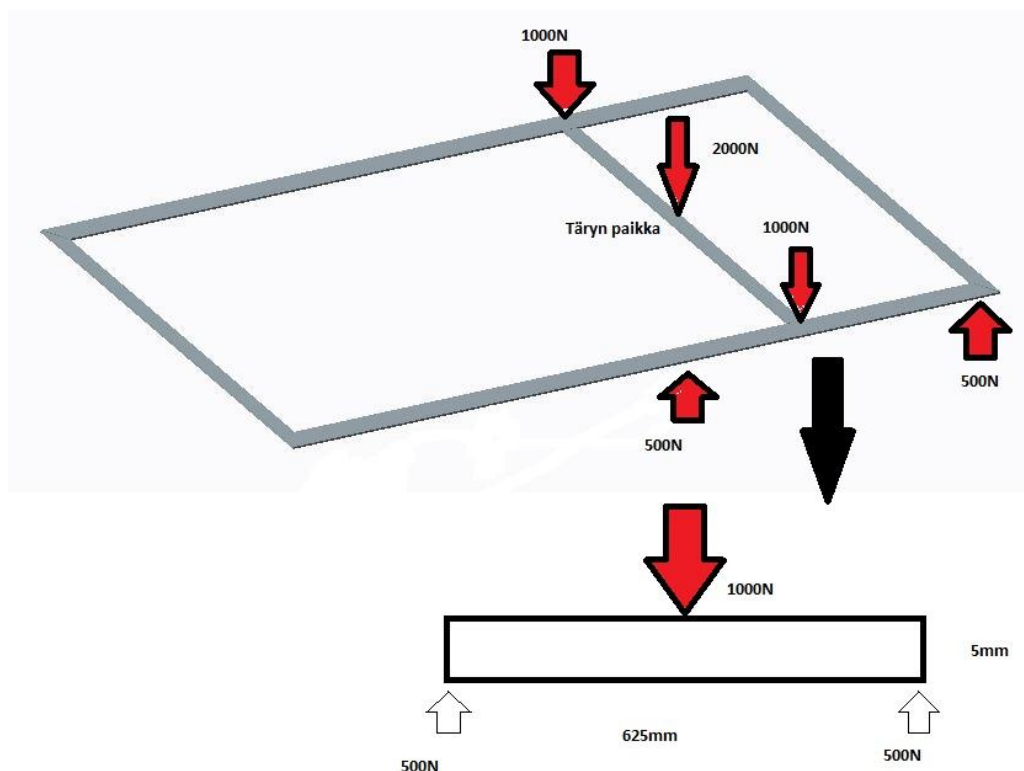
Taipuma laskettiin molemmista päistään kiinni olevan tangon laskentakaavan mukaan eli tässä tapauksessa päät on hitsattu kiinni tai pultattu korvakkeen kiinni. Laskennassa käytettiin samoja kaavoja kuin aiemmin eli taipumaksi saadaan seuraavaa

$$f = \frac{F \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot I} = \frac{(2000 \text{ N} \cdot 700^3 \text{ mm})}{192 \cdot 193\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 417 \text{ mm}^3} \approx 44 \text{ mm},$$

jossa

$$I = \frac{a^3 \cdot b}{12} = \frac{5^3 \cdot 40}{12} \approx 417 \text{ mm}^3 \text{ (Valtanen 2010, 411 & 463).}$$

Laskettiin varmuuden vuoksi vielä sivuttaisille tangoille tuleva taipuma. Voima jakautuu tasaisesti välirungon molemmille puolille, jolloin varmistuttiin mahdollisimman vähäisestä taipuman määrästä. Kuvasta 53 selviää paremmin millä tavalla johdetaan välirungosta taipuman määrittäisiin tarvittavat voiman arvot sekä pituudet.



Kuva 53 . Välirunko ja sivupalkille tuleva voimapiirros (kuva: Sami Oinonen 2014).

Taipumaksi saatiin edellä olevan kuvan 53 perusteella seuraavaa

$$f = \frac{F \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot I} = \frac{(1000 \text{ N} \cdot 625^3 \text{ mm})}{192 \cdot 193\,000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 417 \text{ mm}^3} \approx 22 \text{ mm} \text{ (Valtanen 2010, 411).}$$

Alustavasti suunniteltiin tärymoottorin kiinnitys lattaraudalle, mutta taipuman sekä taiputusjännityksen osalta tulee ongelmaksi lattaraudan kestävyys ja liiallinen taipuminen. Jouduttiin lopputuotteen kannalta määrittämään kiinnityspalkki tärymoottorille luvun 8.3 mukaisella tavalla. Välirungon sivuraudalle tulevan voiman arvo tulee olemaan huomattavasti pienempi ja se jakautuu tasaisemmin koko sivun mitalle, jolloin 22 mm taipuman osalta ei tule ongelmaa.

5.4.9 Kiinnityskorvakon kestävyys

Riittävästä kiinnityskorvakon kestävyydestä varmistutaan määrittämällä korvakon kiinnitysreikään kohdistuvan pintapaineen määrä. Korvakkoihin kohdistuvan voiman suuruus laskettiin pienen varmuuskertoimen avulla ja jaettiin kokonaismäärällä. Voimaksi

arvioitiin tämän jälkeen 2000 N, jolloin yhden korvakon voimaksi määritettiin varmuuskertoimen kanssa 670 N. Kuvassa 54 on tarkemmin paikka, josta kestävyys laskettiin.



Kuva 54 . Kiinnityskorvakon voimapiirros (kuva: Sami Oinonen 2014).

Pintapaineen määrittystä varten laskettiin korvakon reiän vaipan ala seuraavasti

$$\frac{\pi dh}{2 \text{ leikkeinen}} = \frac{\pi * 8,2 * 2 \text{ mm}}{2} = 25,8 \text{ mm}^2 \text{ (Valtanen 2010, 29).}$$

d= reiän halkaisija 8,2 mm

h= materiaalin paksuus 2 mm

Vaipan alan avulla saatiin laskettua pintapaine korvakon reiälle

$$p = \frac{F}{A} = \frac{670 \text{ N}}{25,8 \text{ mm}^2} \approx 26 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (Valtanen 2010, 496).}$$

Tulosta verrattiin haponkestävän teräksen myötörajaan, joka on moninkertainen saatuun tulokseen verrattuna. Tässä tapauksessa pintapaineen määrä on huomattavissa määrin

pienempi, jolloin kestävyys suhteen ei tule ongelmia. Tarkasteltiin vielä korvakkoon kohdistuvaa leikkauskuormitusta. Tarkasteltiin sitä kaavasta

$$F_{v,rd} \leq \frac{a_v * f_{ub} * A * m}{\gamma_{M2}} \text{ (SFS EN 1993-1-4 2006).}$$

$a_v = 0.6$ (Lujuusluokille 8.8= voidaan käyttää haponkestävän kanssa yhdessä)

$$f_{ub} = 700 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * 8^2}{4} \approx 50,3 \text{ mm}^2$$

$m =$ leikkeisyys eli 2

$\gamma_{M2} =$ Materiaaliosavarmuusluku 1,25

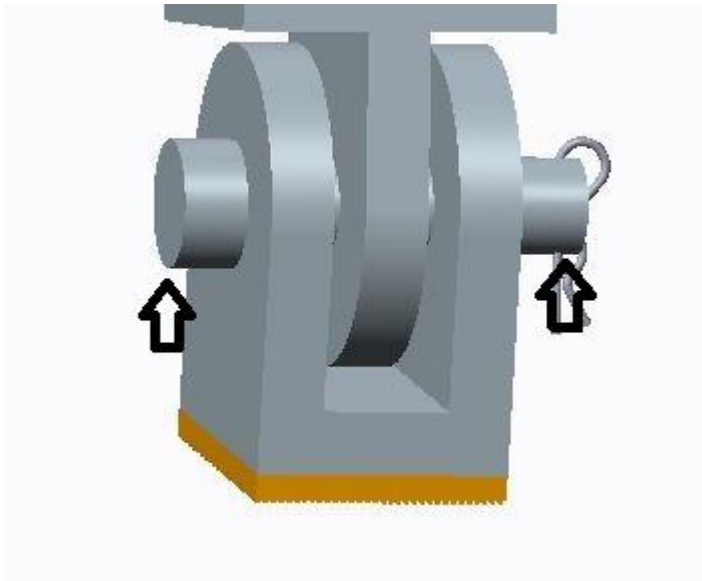
Saatiin seuraavaa sijoittamisen jälkeen

$$F_{v,rd} \leq \left(\frac{0,6 * 700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 50,3 \text{ mm}^2 * 2}{1,25} \right) \Rightarrow F_{v,rd} \leq 33802 \text{ N.}$$

Tuloksen perusteella todettiin leikkauskuormituksen olevan suhteellisen pientä kokonaiskuormitukseen nähden.

5.4.10 Nivelpultin kestävyys

Nivelpultin kestävyys varmistettiin vielä siihen aiheutuvien voimien osalta (kuva 55). Todettiin, että kokonaisvoima on 10 kN. Laskennassa käytettiin kokonaisvoimana tärymoottorin aiheuttamaa voimaa 1680 N. Koko rakenteen massa ei tule ylittämään 500 kg, jolloin massasta aiheutuva voima saumoille on 5000 N. Huomioitiin myös paino, joka aiheutuu eroteltavasta kalasta. Paino on 20 kg eli 200 N. Yhteensä voimaa aiheutuu melkein 7000 N. Huomioidaan vielä varmuuskertoimen (1.5) avulla tuleva voima, jolloin kokonaisrasitus on lähellä 10 kN.



Kuva 55 . Nivelakseli (kuva: Sami Oinonen 2014).

Nivelpultin kuormitus laskettiin samalla leikkauskuormituksen kaavalla kuin aiemmin. Pultin halkaisija on 12 mm ja pinta-alaksi saatiin 113.1 mm². Voimaksi, jota pultin leikkaussuunnassa kestää on

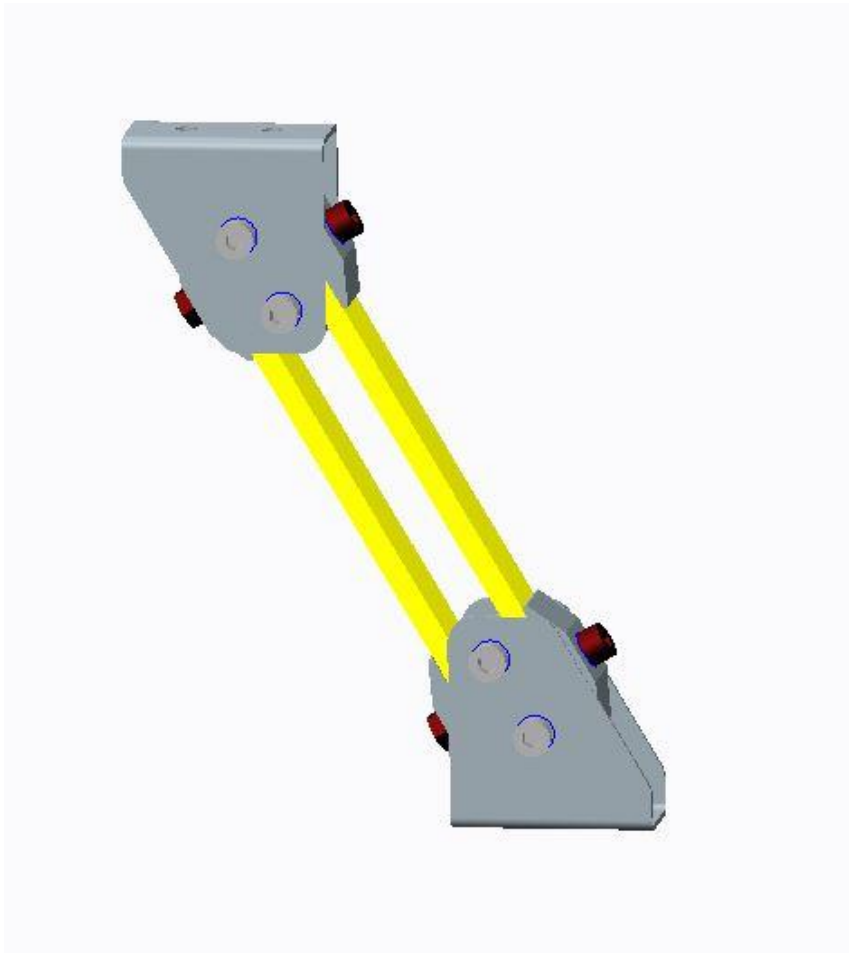
$$F_{v,rd} \leq 76002 \text{ N}.$$

Todettiin kuormituksen kestävyys olevan niin pientä, että yhden nivelpultin kestävyys riittää M 12 pultilla erittäin hyvin. Huomattavasti pienemmälläkin pultilla pärjätäisiin, mutta mahdollisesti suuriakin dynaamisia kuormia aiheuttavan laitteiston takia valittiin ylimitoitettu vaihtoehto.

6 Fysikaalinen suunnittelu ja komponenttien valinnat

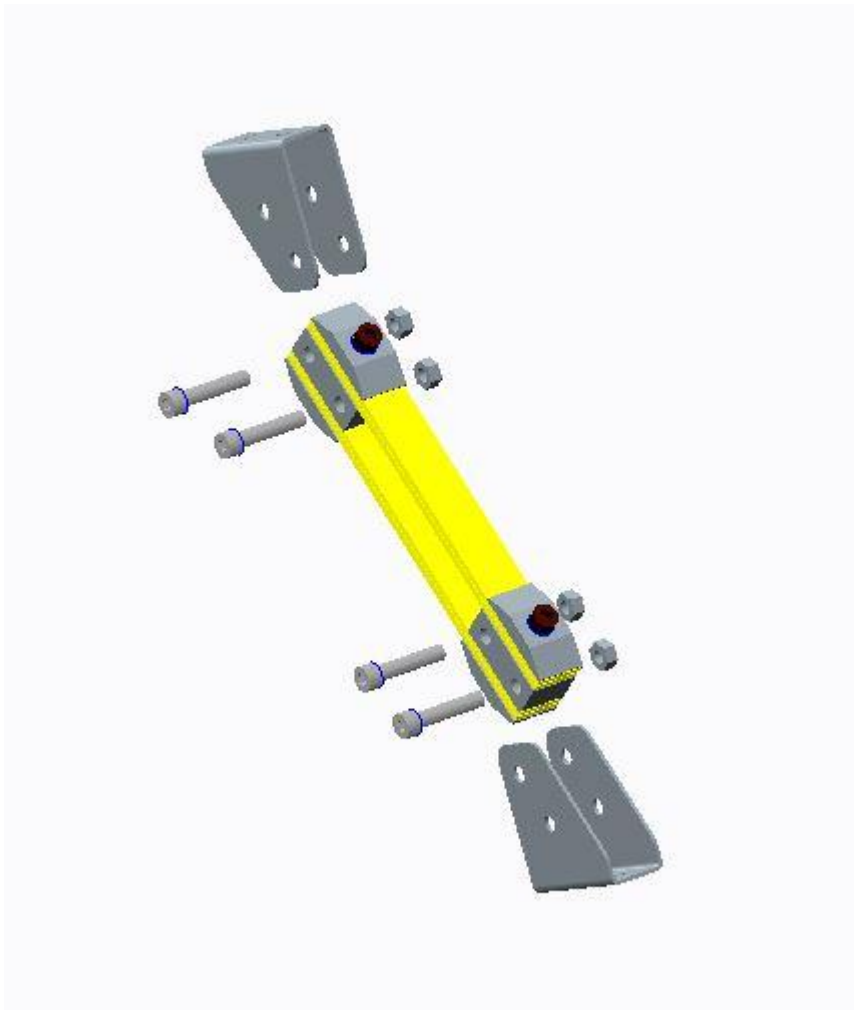
6.1 Lehtijousen ja korvakon kiinnitys

Aiemmin esiteltiin ratkaisuja prototyypin värähtelyn toteutukselle. Päädyttiin ratkaisuun tärin tuottaminen prototyyppiin kuvan 56 mukaisella elementin ja korvakon yhdistelmällä.



Kuva 56 . Lehtijousi ja korvakot (kuva: Sami Oinonen 2014).

Ratkaisuun päädyttiin yksinkertaisesti prototyypin toimivuuden kannalta. Lehtijousikomponentilla saadaan aikaiseksi suora yhteys välirunkoon, jolloin tärinän vaikutus saatiin parhaiten välittymään laitteen toimintaan erottelun kannalta. Yläosan korvakko tulee kiinni välirunkoon ja alaosa pohjarunkoon, jolloin varmistuttiin laitteen yhtäaikainen toiminta ja jousikomponentin nurjahtaminen on käytännössä mahdotonta. Kuvasta 57 nähdään räjäytyskuvana kokoonpano, joka yhdistää pohja- ja välirungon.



Kuva 57 . Lehtijousen ja korvakkojen räjäytyskuva (kuva: Sami Oinonen 2014).

6.2 Resonanssitaajuus kierrejouselle

Resonanssitaajuutta suunniteltaessa mietittiin ensiksi alivirityksen ja ylivirityksen tilannetta. Alivirityksessä tilanteessa laitteiston resonanssitilanteessa värähtely tapahtuu resonanssitaajuuden alapuolella ja ylivirityksessä tilanteessa taajuuden yläpuolella (Lähteenmäki 2009–2010).

Kalanerottelulaitteen kannalta tärkeää on määrittää tärytettävän välirungon ja jousien välisen resonanssitilanteen suhdeluku. Tämän suhdeluvun avulla voitiin määrittää alitai yliresonanssi tilanne, jolloin laitteiston toiminta olisi optimaalisinta. Resonanssitilanteessa tärinällä ei erottelun kannalta saada parasta mahdollista lopputulosta.

Määritettiin ensin pakkovoiman ominaiskulmataajuus jousien resonanssitaajuuden perusteella eli

$$900 \frac{1}{\text{min}} = \frac{(900 \cdot 2\pi)}{60s} = 94,3 \frac{\text{rad}}{s}.$$

Todettiin, että tärisevän seularatkaisun on värehdeltävä hiukan alle ulkoisen voiman aiheuttaman ominaiskulmataajuuden kanssa. Määrittelyn takia suhdeluvun ollessa 1 ollaan resonanssitaajuudella, jolloin laitteen värähtely on resonanssissa eli laitteistosta kuuluu esimerkiksi räminää. Tässä tilanteessa laitteen komponentit tärisyvät, joka ei ole laitteiston kestävyyskään kannalta hyvä asia. Pienien painon muutoksien takia suhdeluvun tulisi jäädä hiukan alle 1 (kuva 14, 27). Todettiin tilanne sellaiseksi, että vaimennusta aiheuttava kerroin b on lähempänä 0 kuin 1, jolloin vaikuttavan ulkoisen voiman välittyminen seularatkaisuun on kohtuullista. Todettiin samassa, että vaimennuksen ollessa riittävän pientä tulee resonanssitaajuus olemaan lähellä ominaiskulmataajuutta.

Laskettiin vielä kierrejousien jousivakion arvo tärymoottorin resonanssitaajuuden saavuttamiseksi. Valittiin tärymoottorin taajuus maksimi arvoksi, jolloin jousien tulee olla samaa luokkaa. Määritettiin jousien päälle tulevan seulaosan painoksi 90 kg, jolloin varmistuttiin riittävästä kestävydestä. Jousivakio voitiin määrittää ominaiskulmataajuuden yhtälöstä seuraavasti

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow k = m \cdot \omega_0^2 \rightarrow k = 90 \text{ kg} \cdot 94,3 \frac{\text{rad}^2}{s} = 800325 \frac{N}{m} \text{ (Suvanto \& Laajalehto 2008, 209).}$$

Tämän jälkeen jaettiin jousivakio jousien määrällä (kuva 37), jolloin yhden jousen jousivakioksi saatiin

$$\frac{800\,325 \frac{N}{m}}{11 \text{ Kpl}} = 72\,760 \frac{N}{m}.$$

Jousivakion arvo määritettiin erilaisille jousielementeille yleisesti, koska prototyypin jousia valittaessa saadaan taajuuden resonanssiarvot suoraan valmistajalta.

6.3 Tankoprofiilin valinta

Pyörötankoon verrattuna voitiin huomioda se, että tämä putkellinen versio on omalta massaltaan selkeästi pienempi ja seulan kokonaispainon osalta merkittävässä roolissa. Kokonaismassa putoaa taulukon 6 ja 7 mukaan melko merkittävästi pyöröputken avulla.

Taulukko 6. Pyörötangon painot eri seuloissa

Seulakoko	Tankojen määrä (Kpl)	Pituus/tanko	Metrimäärä Yht.	Paino/m	Paino/kg Yht.
5-10mm	33	1.545	51m	0.62	31.6 Kg
10-15mm	28	1.545	43.3m	0.62	26.8 Kg
14-18mm	25	1.545	38.6m	0.62	23.9 Kg

Taulukko 7. Pyöröputken painot eri seuloissa

Seulakoko	Tankojen määrä (Kpl)	Pituus/tanko	Metrimäärä Yht.	Paino/m	Paino/kg Yht.
5-10mm	33	1.545	51m	0.42	21.4 Kg
10-15mm	28	1.545	43.3m	0.42	18.2 Kg
14-18mm	25	1.545	38.6m	0.42	16.2 Kg

Taulukoiden 6 ja 7 pohjalta päädyttiin ratkaisuun, että täryseulan painoa voidaan säädellä huomattavissa määrin tankoprofiilia vaihtamalla. Tällä saavutettiin etuja muun muassa siinä, että rungon painon tulee olla 2,5 kertaa niin suuri kuin värähtelemään laitettavan seulan sekä kuljetin osan. Liikuteltavuus paranee sekä materiaalikustannuksissa pystyttäisiin täten hieman säästämään.

6.4 Jäykän tangon aallonpituus

Laitteen tarkoituksena on erotella kaloja värähtelevän välirungon avulla. Tällöin tulee ottaa huomioon se, että laitteessa olevan värähtelylle altistuvan tangon koko matkalle ei tulisi edellä esitetyssä (kuva 14, 26) nähtäviä solmukohtia. Tarkasteltiin yhtä tankoa ja siihen vaikuttavia värähtelytaajuuksia. Sijoitettiin tankomateriaalin tiedot aaltoliikkeen perusyhtälöön, jolloin saatiin seuraavaa

$$v = \sqrt{\frac{86000 \frac{N}{mm^2}}{8000 \frac{Kg}{m^3}}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{86 \cdot 10^9 \frac{KN}{m^2}}{8000 \frac{Kg}{m^3}}} \approx 3279 \frac{m}{s}, \text{ jossa}$$

$G = 86\,000 \text{ MPa}$, aisi 316 (liite 7)

$\rho = 8000 \frac{Kg}{m^3}$, aisi 316 (liite 7).

Seuraavaksi tarkasteltiin aaltoliikkeen perusyhtälöön tarvittavaa voiman suuruutta f , joka saatiin VP 16 mäntätoimisen lineaaritäryttimen taajuudesta 2500 Min^{-1} (Vibratec Oy 2014). Nopeus saatiin kun taajuus jaettiin 60 sekunnilla eli

$$\frac{2500 \text{ Rpm}}{60s} \approx 41,7 \text{ s}^{-1} \text{ (Piirainen 2014).}$$

Saatu nopeus ja voima sijoitettiin seuraavaksi aaltoliikkeen perusyhtälöön, jolloin saatiin yhdelle tangolle aaltoliikkeen pituuden määrittäminen seuraavasti

$$v = f * \lambda \rightarrow \lambda = \frac{f}{v} \rightarrow \lambda = \frac{3279 \frac{m}{s}}{41,7 \text{ s}^{-1}} \approx 78 \text{ m} \text{ (Piirainen 2014).}$$

Saadun tuloksen perusteella voitiin todeta, että yhdessä tangossa olevan värähtelevän aallonpituus on huomattavan paljon enemmän kuin laitteemme kiinteän tangon pituus. Tankomme pituus on 1545 mm ja saatu tulos oli siis 78 m, jolloin voidaan todeta, että ainakaan yhdessä laitteen tangossa ei tule olemaan solmukohtia. Solmukohtien tarkastelu teoriassa on tärkeää, koska tämän opinnäytetyön puitteissa emme päässeet testaamaan laitteen toimintaan käytännössä.

6.5 Lehtijousien valinta

Lehtijousikannakkeiden lujuuden määrittäminen tehtiin jokaisen jousen kohdalle tulevan resonanssikilomäärän avulla. Tiedot saatiin valmistajalta suoraan, jolloin aiemmin lasketua ominaisresonanssitaajuutta kierrejousien suhteen ei tarvita valitsemassamme toteutuksessa. Lehtijouset valittiin Nettervibration valikoimasta, joita Suomessa edustaa TT-Tärylaite Oy. Tärylaitteen edustajan mukaan jousien varaan sijoitettavan painon ei tarvitse olla tasapainotettu, jolloin voidaan määrittää erilaisilla resonanssikilomäärän kestäville lehtijousilla sopivaa tärähtelyn määrää laitteessa. Lujuusominaisuuksien tarkastelun suhteen on riittävää resonanssin kestävyys kilomäärän suhteen. (TT-Tärylaite Oy 2014). Tällöin varmistuttiin laitteen lehtijousien tarvittavasta kestävydestä. Liitteestä 7 nähdään tarkemmat tiedot käytettävien lehtijousien mitoista. Kuvasta 58 nähdään tarkemmin resonanssitaulukointi eri malleille ja kuvasta 59 nähdään eri mallien pituudet.

Blade spring combination	Resonance weight [kg]			Blade spring combinations consisting of: 2 x Inside log, 2 x Screw and nut, 2 x Outside log and	Spring type
	Guided 400 min ⁻¹	Feeder system <i>FlexiLink</i> 600 min ⁻¹	Standard 900 min ⁻¹		
BA	2,30	1,02	0,45	4 x Insert, 1 x Blade spring	NJ
BB	3,87	1,72	0,76		NK
BC	6,28	3,68	1,840		NL
BE	11,15	4,96	2,20		NN
CA	5,45	2,44	1,08	6 x Insert, 2 x Blade spring	NJ
CB	7,88	3,50	1,58		NK
CC	16,28	7,24	3,22		NL
DA	4,71	2,09	0,93	8 x Insert, 2 x Blade spring	NJ
DB	8,45	3,76	1,87		NK
DC	17,02	7,56	3,36		NL
DE	29,84	13,26	5,89		NN
FA	7,14	3,17	1,41	10 x Insert, 3 x Blade spring	NJ
FB	12,13	5,39	2,40		NK
FC	25,41	11,29	5,02		NL
EA	9,57	4,25	1,89	12 x Insert, 4 x Blade spring	NJ
EB	16,83	7,39	3,29		NK
EC	37,87	18,83	7,48		NL

The resonance frequency of a blade spring depends on the propping weight that must be supported. Therefore the resonance weight is indicated for each type of blade spring.

Kuva 58 . Resonanssikilomäärät eri lehtijousimalleilla (Netter vibration 2014).

Type	Dimensions [mm]	Blade springs free length [mm]	max. stroke [mm]
NJ	2,5 x 25 x 220	120	19
NK	3,0 x 25 x 220	120	18
NL	4,0 x 25 x 220	120	12
NN	6,0 x 25 x 280	160	14

Kuva 59 . Eri lehtijousien mallikoot (Netter vibration 2014).

Näiden tietojen pohjalta valittiin tuotteeksi alustavan 70 kg painon mukaan tyyppiä NL olevia jousielementtejä. Katsotaan kohdasta FlexiLink 600 1/min ja valitaan lehtijousiyhdistelmä tunnuksella FC. Näiden alustavien valintojen pohjalta painoksi saa tulla

$11.29 \cdot 8$ lehtijousielementtiä = 90.3 kg.

Laskettua tulosta voidaan muokata tarvittaessa laitteen toimivuuden ja painon jakautumisen mukaan haluamallaan tavalla. TT - Tärylaitteen edustajan mukaan prototyypin rakennusvaiheessa heidän edustajansa kanssa voidaan neuvotella ja saada paras lehtijousi kombinaatio aikaiseksi, jolloin prototyypin toimivuudesta voidaan parhaiten varmistua (TT - Tärylaite Oy 2014).

6.6 Ruuvien valinta

Lähelle työstöpintaa ruuvattaessa tulee varmistaa rakenteen lohkeamattomuus. Syöttökuljettimen osia liitettäessä tulee tehdä esireiät. Esireikien teossa käytettiin Puukeskuksesta saatua arvoa, joka on 0,8 kertaa ruuvin halkaisija. (Puukeskus 2014, 8.) Syöttökuljettimen materiaali on Polyamidia, jonka lujuusominaisuudet ovat huomattavasti paremmat verrattaessa puuhun. Näin ollen käytetään 4,2 mm paksuiselle ruuville 3 mm esireikää. Taulukossa 8 on eriteltynä kokoonpanojen eri osissa käytettyjä ruuveja ja pultteja.

Taulukko 8. Kalanerottelulaitteessa käytettävät pultit ja ruuvit

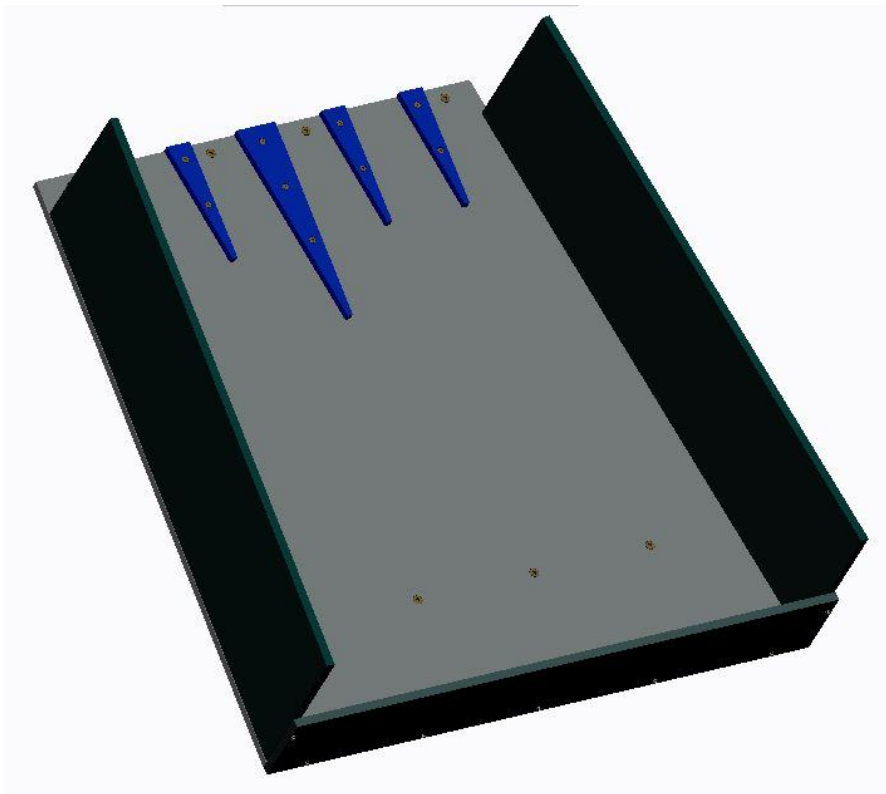
Käyttökohde	Koko/ Tilauskoodi	Lujuusluokka	Standardi
Syöttökuljettimen osien kiinnitys	1005 - 42, 38 mm	A4	DIN 7983C/ ISO 7051
Välirungon ja syöttökuljettimen väliset pultit	1007-M6, 60 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762
Syöttökuljettimen ohjauspalojen kiinnityspultit	1007-M4, 25 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762
Korvakon kiinnityspultit	1007-M8, 25 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762
Nivelakselien kiinnitys	1007-M12, 70 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762
Suihkuputken kiinnityspultit	1007-M6, 25 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762
Lehtijousien kiinnityspultit	1007-M8, 40 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762
Seulan tankojen kiinnityspultit	1007-M8, 30 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762
Seulan ja välirungon väliset kiinnityspultit	1007-M6, 30 mm	A4	DIN 912/ ISO 4762

Taulukossa 8 on huomionarvoista se, että eri kokoluokan ruuvien käyttö on melko monipuolista. Käyttökohteiden hankalat sijoittuvuudet, materiaalien paksuudet, voimien kohdistumiset rakenteiden eri osiin ja muut teknisesti haastavien kiinnityskohteiden vaikutukset vaikuttivat siihen, ettei samanlaisien pulttien käyttö ollut mahdollista kuin joissakin rakenteen kohdissa. Koneenrakennuksen kannalta samanlaisien pulttien käyttö olisi selkeästi helpompaa, mutta osapiirustusten sekä kokoonpanokuvien lukeminen ovat oleellisia asioita prototyypin valmistusvaiheessa.

7 Kalanerottelulaitteen prototyyppi

7.1 Syöttökuljetin

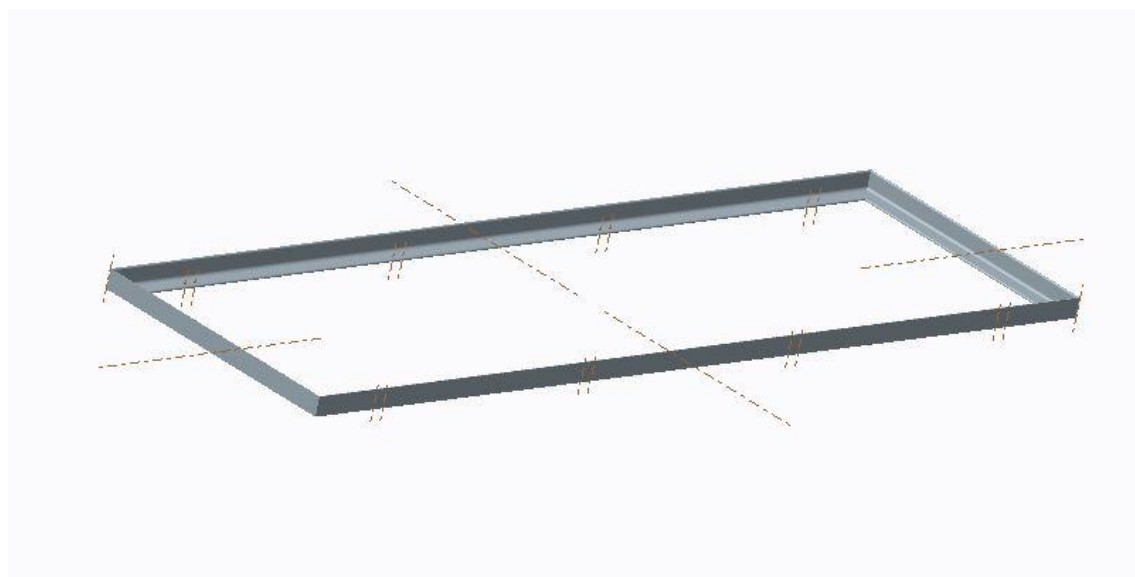
Prototyypin syöttökuljettimen malli näkyy kuvasta 60. Syöttökuljettimien mallissa on otettu huomioon kehitysvaiheen ideat. Viimeisimmästä mallista poiketen ohjauspalat ovat tylppäkärkisiä ja niiden paikat on määritelty sopimaan pohjarungon kiinnityspalkkeihin. Prototyypin testausvaiheessa tulee huomioida sivulevyjen vakaa kiinnitys. Mikäli sivukannakkeiden kanssa ilmenee ongelmia, tulee korkeutta säätää pienemmäksi ja tukevoittaa rakennetta erilaisilla tukikannakkeilla. Syöttökuljettimen kokoonpanokuvaa piirustuspuhjan muodossa voi tarkastella liitteestä 9.



Kuva 60 . Syöttökuljetin (kuva: Sami Oinonen 2014).

7.2 Pohjarunko

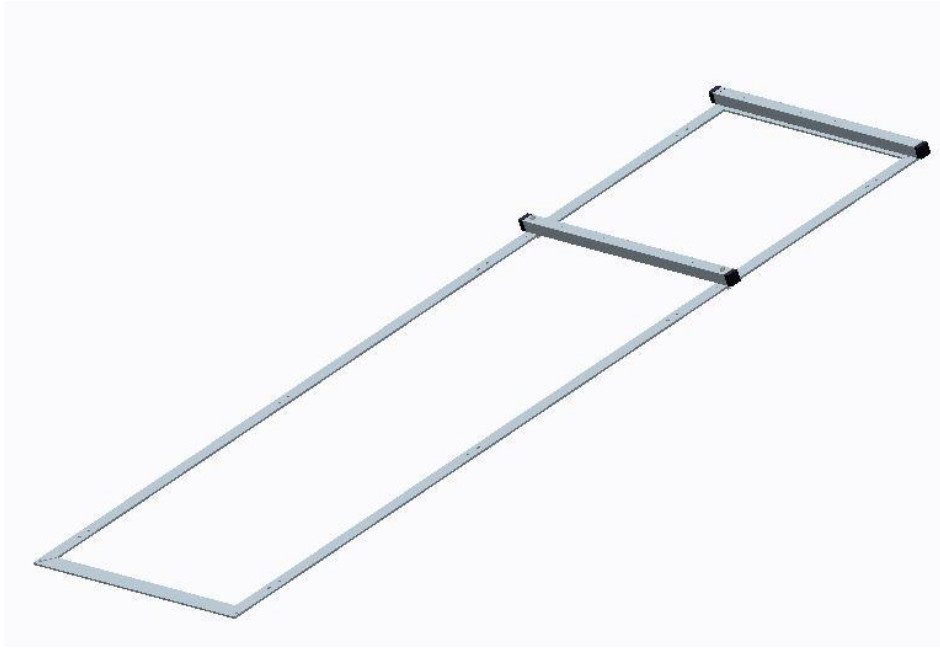
Lopullisen pohjarungon suunnittelussa pyrittiin käytännön toteutettavuuden kannalta tekemään rungosta mahdollisimman yksinkertainen ja tukeva rakenteeltaan. Turhia kulmia ja vaikeasti toteutettavia hitsauksia pyrittiin välttämään. Kuvasta 61 selviää yksinkertainen pohjarungon rakenne. Tarkemmin mittoja rungosta löytyy liitteestä 9. Huomionarvoista on, että lopputuotteen rungosta muodostui neliskanttinen aiemmin esiteltyyn hiukan kapenevan takarungon muotoon nähden. Yhtenä tärkeänä seikkana pohjarungon lopulliselle mallille oli, että lehtijousikannakkeet saatiin hyvin kulmatankojen taakse piiloon. Toimenpiteellä vältettiin turhat ulkonevat osat prototyypin pohjarungossa.



Kuva 61 . Pohjarungon lopullinen malli (kuva: Sami Oinonen 2014).

7.3 Välirunko

Välirunko toteutettiin lattaraudasta tehdyllä kehikolla, jonka päälle laitettiin erillinen seulaosa sekä syöttökuljetin. Kuvasta 62 selviää tarkemmin välirungon malli.



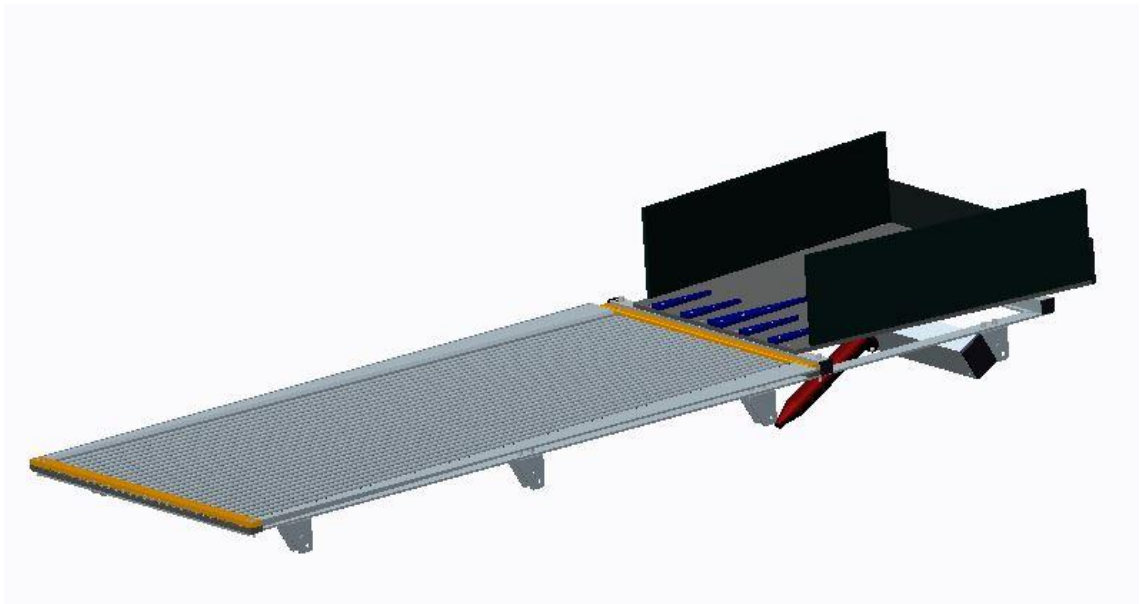
Kuva 62 . Välirunko (kuva: Sami Oinonen 2014).

Välirungon kokonaisuuteen lisättiin kokoamiseen tarvittavat komponentit. Tässä vaiheessa kokonaisuuteen lisättiin korvakot ja tärymoottorin kiinnitykseen tarvittava suorakaideputki. Tärkeää on huomioida täryn sijoittumisen kohta välirungon perälle, syöttökuljettimen kannakkeiden väliin ja korvakoihin hitsattuna. Kuvasta 63 selviää tarkemmin tehdyt ratkaisut.



Kuva 63 . Välirunko korvakoilla (kuva: Sami Oinonen 2014).

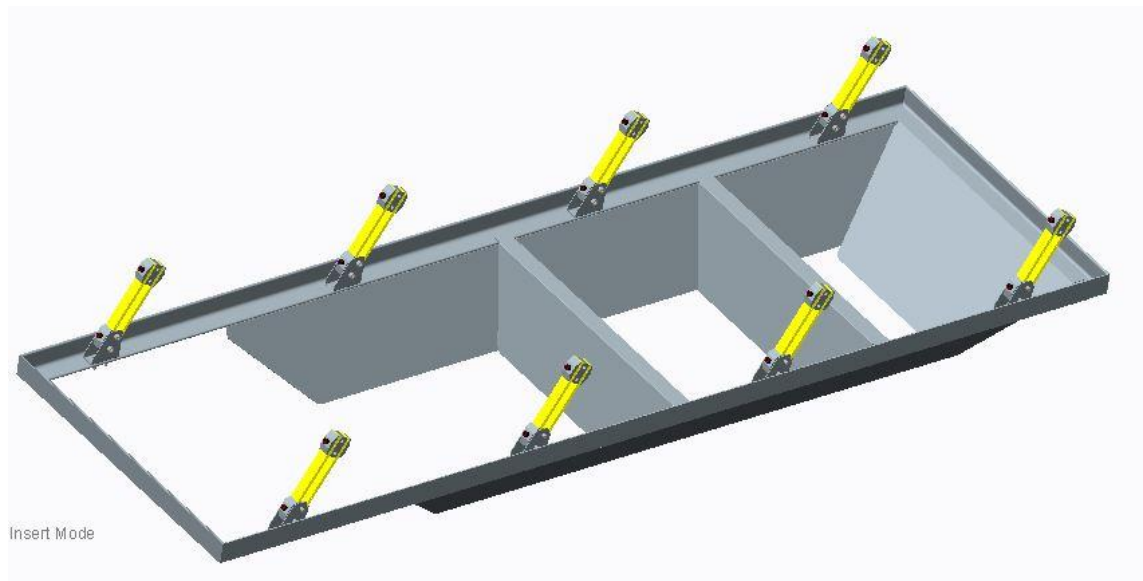
Viimeisenä välirunkoon lisättiin seula sekä syöttökuljetin. Tämän jälkeen välirunko lisättiin prototyypin pohjarunkoon. Kokoonpanoista pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeästi toteutettavia kokonaisuuksia. Kuvasta 64 nähdään tarkemmin koko välirungon kokonaisuus. Liitteestä 9 nähdään tarkemmin komponenttien nimityksiä ja muutamia päämittoja.



Kuva 64 . Välirunko ja oheiskokoonpanot (kuva: Sami Oinonen 2014).

7.4 Proton värähtelyn toteutus

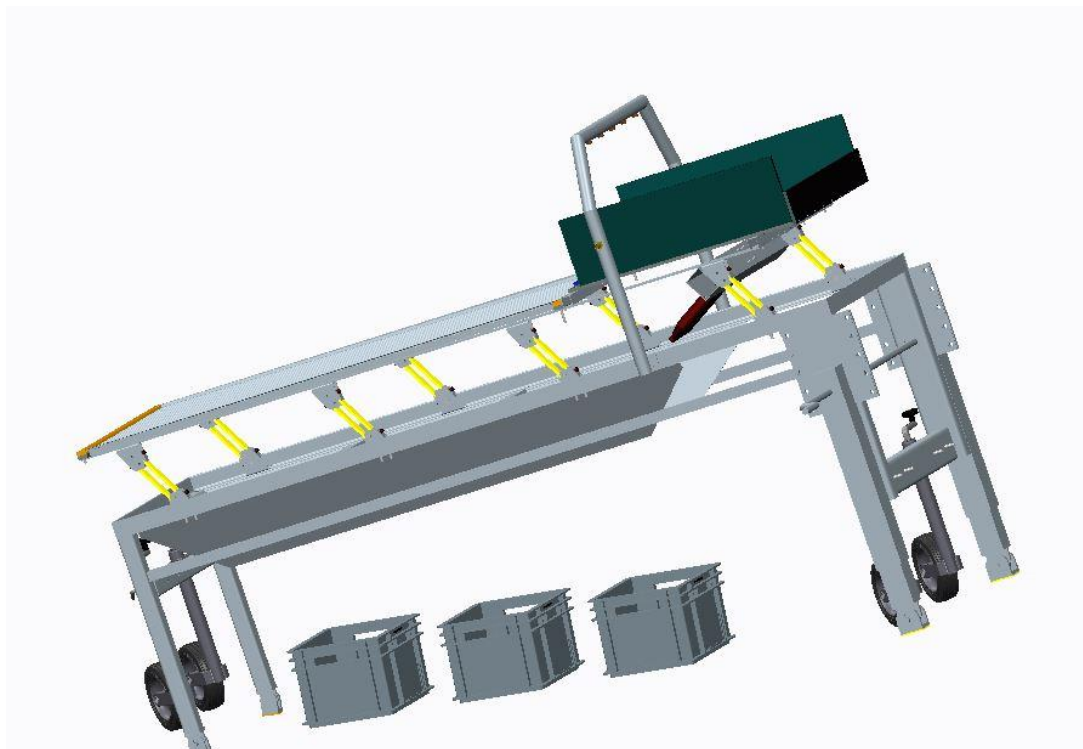
Prototyypin seulan ja syöttökuljettimen tärinä päädyttiin toteuttamaan Netter Vibratio-
nin valmiskomponentteina saatavien lehtijousien varassa. Suomessa kyseistä firmaa
edustaa TT-Tärylaite Oy, jonka kautta saatiin komponentin tärkeimmät tiedot ja CAD-
sekä piirustuskuvat. Kuvasta 65 nähdään tarkemmin, kuinka jouset sijoitellaan värähte-
lyä varten. Tärkeää on huomioida, että lehtijousikannakkeiden sijoittelulla ei ole merkit-
tävää roolia lopputuotteen kannalta. Niillä voidaan kuitenkin säätää laitteen toimintaa
monellakin tavalla. Esimerkiksi sijoittelemalla kilomääräisesti tukevampia jousia koh-
tiin joissa sitä tarvitaan tai lisäämällä niiden kappalemäärää.



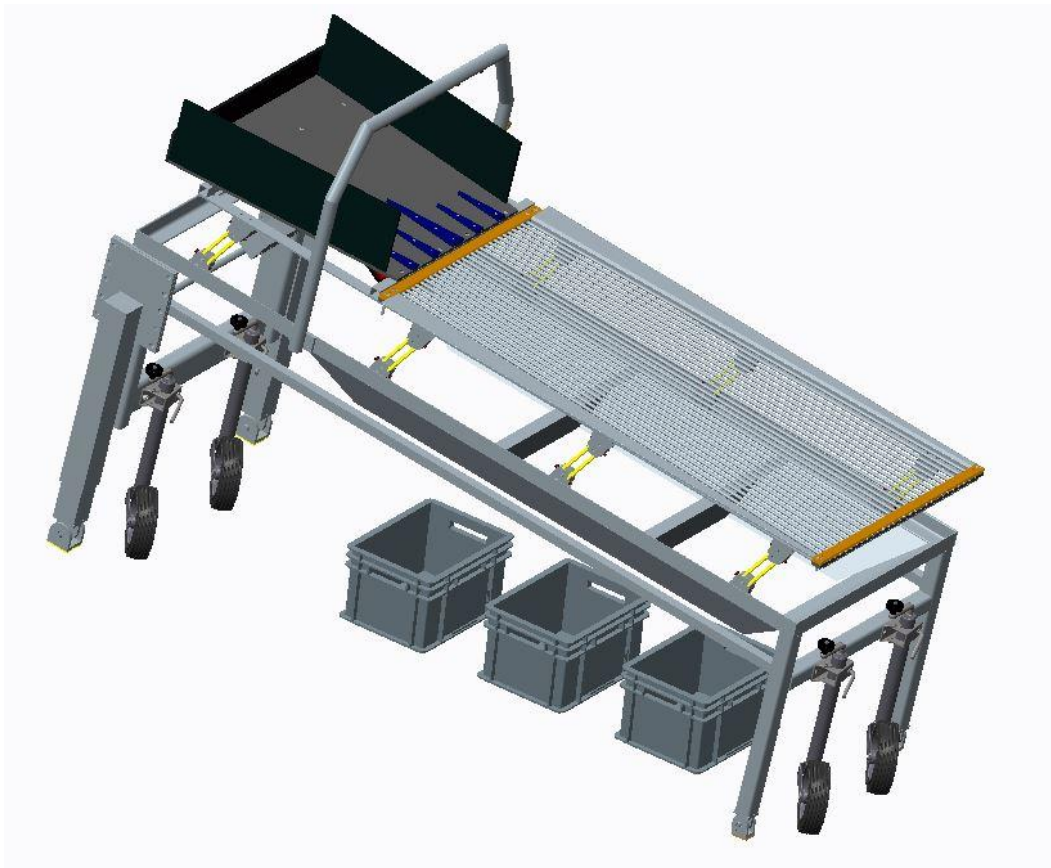
Kuva 65 . Tärykuljettimen jousiratkaisu (kuva: Sami Oinonen 2014).

7.5 Prototyyppi

Viimeisimmän prototyypin mallista saa tarkempaa tietoa kuvista 66–68. Liitteestä 9 voidaan tarkastella osaluettelointia ja muita teknisempiä yksityiskohtia tarkemmin.



Kuva 66 . Valmis prototyyppi (kuva: Sami Oinonen 2014).



Kuva 67 . Valmis prototyyppi (kuva: Sami Oinonen 2014).



Kuva 68 . Valmis prototyyppi (kuva: Sami Oinonen 2014).

Valmiissa prototyypissä on huomionarvoista hiukan leventynyt muoto syöttökuljettimen päässä. Leventynyt muoto tukevoittaa jalkojen paikallaan pysymistä ja rakennetta, jolloin tärymoottorin aiheuttamat vaikutukset menevät parhaiten tärytettävään välirunkoon. Ratkaisulla saavutettiin paras mahdollinen toimivuus lopputuotteessa.

Tärymoottorin sijoitettiin valmiin prototyypin syöttökuljettimen alle. TT-Tärylaite Oy:n edustajan mukaan näiden jousielementtien kanssa sijoituksella ei ole merkitystä, jos välirunko saadaan tärähtelemään yhtenä kappaleena jousielementtien päällä (TT-Tärylaite Oy 2014). Laitteen toimintaa voidaan tehostaa prototyypin testausvaiheessa, jolloin tärymoottori kiinnitetään lähimpänä massakeskipistettä olevien korvakoiden kohtaan, mikäli siihen huomataan olevan tarvetta.

On tärkeää huomioida molempien jalkojen päissä sijaitsevat nivelet. Nivelillä poistetaan laitteen kulmansäädöstä aiheutuva epätasapaino. Prototyypin toimivuuden kannalta on tärkeää huomioida, että valmiskomponenttina saatavan kulmansäätömekanismin jalka ei anna kuin 10° kulmansäädön. Kulman suuruuden kasvaessa tulee varmistua siitä, että käytetään tarvittaessa samanlaisia niveliä, jotka ovat jo käytössä takajalkojen päissä.

Huomionarvoista prototyypin testausvaiheessa on myös se, että seulan sivupeltien korkeutta tulee säätää korkeammaksi, mikäli kalat eivät suunnitellulla peltin korkeudella pysy seulan päällä. Seulan sivupelleistä tehdään prototyypivaiheessa analyysi ja niiden korkeutta säädetään valmistuskuvista saatavien tietojen perusteella.

Prototyypivaiheessa suihkuputken laitto ei ole välttämätöntä, vaan testauksen kannalta tärkeää on huomioida laitteiston muu toiminta. Suihkuputken sijasta prototyyppiä testatessa voidaan kustannussyistä käyttää ihan normaalia vesijohtoa. Lopputuotteen kannalta on tärkeää määrittää prototyypin testauksen jälkeen oikeanlainen suihkuputki ja siihen tarvittavat elementit.

8 Valmistus

8.1 Rungon valmistus

Rungon valmistuksessa kaikkien saumojen hitsaukset ja saumojen tasoitukset ovat ensiarvoisen tärkeässä roolissa. Rungon vahvistusta varten erilliset pellit tulee tasoittaa sekä tehdä tarvittavat toimenpiteet toimivuuden kannalta. Huomioitavaa on, että ohjauspellit, jotka ohjaavat kalojen putoamista niille varattuihin astioihin, tulee kiinnittää hitsaamalla toisiinsa. Mikäli prototyypivaiheessa halutaan testata rungon ja laitteiston toimintaa, tulee nämä asiat tehdä niin, että pellit jätetään vielä pois. Pellit lisätään tällöin vasta lopputuotteen viimeistelyvaiheessa. Testausvaiheessa on tärkeää huomioida, että kaikki hitsisaumojen tasoitukset tehdään niin, että tasoituksen jälkeen hitsin a-mitaksi jää tuo aiemmin määrittämämme 3 mm. Hitsisauman a-mitan tulee siis olla hiukan suurempi ennen tasoitusta ja kiillotusta.

8.2 Kulmansäätömekanismi

Kulmansäätömekanismeissa toteutetaan Haaconin raskaan kaluston tukijalkojen avulla. Kalanerottelulaitteeseen tuleva malli on kevyemmille perävaunuille tarkoitettu tukijalka, joka soveltuu erinomaisesti laitteen alustaksi ja muunneltavuus paranee huomattavasti. Tällainen yhdistetty tukijalka on helppo sijoittaa lopputuotteen alle, jolloin laitteen molempien puolien yhtäaikainen nostaminen on helpompaa. Liitteestä 8 näkyy tukijalan molempiin puoliin yhdistetty kampi, jonka avulla saadaan kulmaa säädettyä aina lähelle 350 mm korkeutta alkutilanteesta katsoen. Tekniset tiedot ja tarkka malli löytyvät myös samasta liitteestä.

8.3 Tärymoottorin kiinnitys

Tärymoottori kiinnitetään suorakaideputkeen ja hitsataan lehtijousikannakkeina toimiviin korvakoihin kiinni. Kuvasta 69 nähdään keskellä oleva suorakaidepalkki. Palkki on kokoa 80x60x2 mm ja 711 mm pitkä. Palkissa keskellä näkyy tärymoottorin kiinnityk-

seen tarvittavat reiät. Kestävyys arvioitiin toimeksiantajan kanssa riittäväksi, koska edellä laskettiin välirungon alkuperäiselle suunnitelmalle taipumat ja taivutusjännitykset. Niissä tapauksissa kestävyys olivat myös riittävät, jolloin tässäkin tapauksessa voitiin varmistua riittävästä kestävydestä.



Kuva 69 . Tärymoottorin kiinnityspalkki sekä hitsin paikka (kuva: Sami Oinonen 2014).

8.4 Syöttökuljettimen valmistus

Syöttökuljettimen valmistuksessa tulee huomioida riittävä pulttien kiinnitettävyys ja kuljettimen riittävä tiiviys, joilla varmistetaan hyvä kokonaisuuden toiminta. Puhdistettavuuden varmistamiseksi liitosten tulee olla tiiviitä, jolloin mikrobien jääminen puhdistuksen jälkeen minimoidaan. Komponenttien resonoimisen vuoksi kokonaisuus on oltava erittäin tukeva. Pääty- ja sivulevyjen kiinnitykset tapahtuu ruuvilla ja niiden määrää tulee prototyypin valmistusvaiheessa lisätä, jos siihen ilmenee tarvetta.

8.5 Liikuteltavuus

Liikuteltavuus ei ole kalanerottelulaitteen prototyypivaiheessa ensiarvoisen tärkeää. Liikuteltavuus toteutetaan erillisillä nokkapyörillä, jotka valitaan tilanteeseen sopivaksi prototyypivaiheen testauksen jälkeen. Tärkeää on huomioida, että nokkapyörät ovat irrotettavissa, jolloin tukevuden ja tärinän varmistaminen on maksimaalista. Valmistuskuvissa on merkattu pulttien paikat nokkapyörien kiinnitykselle, mutta niihin tulee suhtautua varauksella, koska lopputuotteen kannalta tarkkoja nokkapyörän mittoja ja kiinnityskohtia on tässä vaiheessa vielä hankalaa määrittää. Niitä tulee muokata prototyypin testauksen jälkeen lopputuotetta kasattaessa sopivaksi.

8.6 Valmistuskuvat

Valmistuskuvien teossa käytettiin apuna Creo Parametric 2.0 -ohjelmistoa. Ohjelmistoa käytettiin Karelia ammattikorkeakoulun tiloissa ja osittain kotona opiskelijalisenssipohjaisella ohjelmistolla. Opinnäytetyön kannalta tärkeimmässä roolissa olivat kokoonpanokuvat pienemmistä alikokoonpanoista, joista selviää tärkeimmät tekniset ratkaisut ja tärkeimpänä osaluettelot. Toimeksiantajalle tehtiin kaikkiin kokoonpanoihin erilliset osakuvat jokaiselle osalle. Näistä luetaan pois valmiskomponentit, joiden tekniset tiedot saatiin valmistajalta ja heidän kotisivuiltaan. Liitteessä 9 on kokoonpanokuvia laitteen eri osista, hitsaukseen vaadittavia mittoja ja tarkempia kuvauksia.

8.7 Valmista laitetta koskevat säädökset melupäästöistä

Valmiin laitteen saattaminen markkinoille tarkoittaa sitä, että huomioidaan melusta aiheutuvat voimakkuudet ja niiden testaaminen. Tulokset määrittelevät sen, että tarvitaanko laitteen käytön yhteydessä kuulonsuojausta. Käytössämme olevien tärymoottorien äänentasot ovat kuitenkin niin alhaisia, jolloin vain laitteiston komponenteista tulevat resonaatiot voivat aiheuttaa lisämelua. Suosittelen kuitenkin kuulonsuojausta, vaikka melutasot jäisivätkin mittausten perusteella liian alhaisiksi.

Siinä vaiheessa, kun tuote on lähes valmis, tulee varmistua standardeista, jotka määrittävät melupäästöistä aiheutuvia haittoja. Koneiden turvallisuudelle annettavien määrittysten mukaan valtioneuvoston asetuksessa 400/2008 määritetään koneiden valmistajille määräyksiä, esimerkiksi CE -merkintää varten tarvittavista melupäästöjen ilmoittamisista. Mikäli laitetta joudutaan käyttämään sisätiloissa, tulee varmistua myös siitä, että sisätilat täyttää standardin SFS 5907 mukaiset vaatimukset rakennusten akustisista luokituksista. Laitetta on mahdollista käyttää myös ulkona, jolloin sen tulee täyttää ulkona käytettävien laitteiden melupäästöjen enimmäisarvot, jotka on määritetty valtioneuvoston asetuksessa 621/2001 ja siitä tulleessa muutoksessa 953/2006.

8.8 Valmista laitetta koskevan tärinän huomioiminen

Kalanerottelulaitteen osalta suunnittelussa ei ole huomioitu näitä seikkoja, koska oletettavaa on, että laitteen kanssa tekemisissä ollessa sen päällä ei istuta tai muutenkaan olla kosketuksissa tärähtelevien osien kanssa. Tästä syystä johtuen en pidä tärkeänä käsitellä päivittäisiä tärinäaltistuksia laitteella työskenneltäessä. Mikäli laitteen markkinoille saattamisen yhteydessä tulee näiden seikkojen kanssa jotakin erilaista julki, niin tulee nämä mittaukset suorittaa asianmukaisesti tärinäasetuksessa 48/2005 vaadittavien toimenpiteiden mukaisesti.

9 Pohdinta

9.1 Työn eteneminen

Työn aloittaminen oli hankalaa ja alkuvaiheessa jouduttiin odottamaan projektin aloitusta huomattavan kauan. Alustavasti aloitusajankohdan tuli olla syksyllä 2013, mutta toimeksiantajan sairastelut ja kokonaisuuden saaminen opinnäytetyön vaatimalle tasolle viivästyttivät aloitusajankohtaa vuoden 2014 tammikuuhun. Projektin aloituksen jälkeen työ on edennyt kohtuullisen hyvää vauhtia kohti huhtikuun ja toukokuun vaihteeseen suunniteltua projektin lopetusta silmällä pitäen. Projektin kirjallisen version viimeistely jäi toukokuun 2014 puolelle. Kokonaisuudessaan työn etenemistä hidasti aika-ajoin hiukan hankala tiedonkulku toimeksiantajan puolelta. Ymmärrettävistä syistä johtuen monen projektin vetäminen yhtä aikaa vie aikaa aina pois muualta, mutta onneksi tämä ei tullut esteeksi projektin kokonaisuuden kannalta, ainakaan liian suurissa määrin.

9.2 Projektin tiedot ja eettisyys

Työn lähtökohtana oli suunnitella paineilmakäyttöinen kalanerottelulaite, joka tehtäisiin vastaavien sähkökäyttöisten laitteiden pohjalta. Seulaosan vaihdeltavuus oli jo myös erilaista mitä on olemassa. Tärkeää oli huomioda, että tehtäisiin riittäviä muunnoksia prototyyppiin, jolloin mahdolliset plagioinnit vältettäisiin. Näistä ei kuitenkaan suuremmin ollut pelkoa, koska pelkästään jo paineilmatoimisuus oli erilaista mitä on olemassa. Eettisten asioiden pohjalta ei projektissa siis tullut ongelmia. Laitteen kehitys tehtiin muutenkin pääasiassa laitteiden pohjalta ja tarvittavat muunnokset kehitettiin toimeksiantajan kanssa yhteistyössä.

Kiinnostusta kehitettävää laitettamme kohtaan on ollut runsaasti ammattikalastajien keskuudessa. Kalanerottelu olisi huomattavasti tehokkaampaa laitteella kuin käsin. Hyvinkin nopealla aikavälillä laite maksaa itsensä takaisin kalastajalle, jolla kuluu suurin osa ajasta kalojen erotteluun. Tulevaisuudessa laitteen käyttömahdollisuudet voivat ulottua erilaisille kalankäsittelyä suorittavilla yrityksille ja heidän suunnastaan on jo ollut mielenkiintoa laitetta kohtaan.

9.3 Teorian ja käytännön yhteys kalanerottelulaitteessa

Teoriapohjassa huomioitiin kalanerottelulaitteen suunnittelun lähtökohdat ja käytännön toteutettavuus VDI 2222 -menetelmän soveltavia osia käyttäen. Vaatimuslista ja useiden eri vaihtoehtojen määrittäminen käsiteltiin mittavasti työn aikana. Suunnittelun eri osioiden aikana pyrittiin pitäytymään tärkeissä ja vaatimuslistan mukaisissa aiheissa. Vaatimuslistan mukaisesti edettiin koko prosessin ajan. Viimeisimmässä mallissa, josta toimeksiantaja tulee prototyyppiä kehittämään hiukan lisää ja tekemään valmiin tuotteen on hyvin pitkälti teorian ja käytännön yhtenäistä nivoutumista. Jokaisessa eri kokoonpanon vaiheessa pyrittiin viimeisimpään versioon saamaan paras toteutusvaihtoehto yhdessä toimeksiantajan kokemuksen kanssa.

9.4 Kehitysideat

Värähtelyn paranteluun liittyen voitaisiin toteuttaa seulan kiinnitys jousielementin päälle. Kuvassa 70 näkyy jousikomponentin sijoittaminen seulan loppupäähän, joka voisi parantaa huomattavasti säätömahdollisuuksia, jos laitteen toiminnassa huomataan merkittäviä puutteita testausvaiheessa. Jouset sijoitettaisiin kiinnikkeen alle samalla pultilla, jolloin kiinni pysyvyys olisi selkeästi parempi kuin erillisellä pultilla.



Kuva 70 . Tärpöytäidea seulan kiinnitykseksi (Ms Noise 2014).

Toisena vaihtoehtona voitaisiin toteuttaa hiukan huonommilla säätömahdollisuuksilla oleva tukijalka säädöllä oleva komponentti. Tässä vaihtoehdossa hankalaa on se, että yhteistä mekanismia ei saada sijoitettua molempien tukijalkojen välille, jolloin molempien jalkojen säätö suoritetaan erikseen. Tässä vaihtoehdossa kustannukset olisivat

huomattavasti pienemmät kuin edellä mainitussa kiertokangella yhdistetyssä tukijalka systeemissä. Kuvasta 71 nähdään tukijalan malli.



Kuva 71 . Yksinkertainen tukijalka (Teohydrauli Oy 2014).

Kulmansäätö ja prototyypin testaus voidaan suorittaa tällaisella tukijalkasysteemillä, mutta lopputuotteen kannalta tämä aiheuttaa huomattavaa hankaluutta. Kulmansäätö joudutaan tekemään erillisen yhdistävän akselin avulla tai käsin säätämällä kahdesta erillisestä tukijalasta ilman yhdistävää akselia. Yhtenä ratkaisevana tekijänä, varsinkin lopputuotteen kannalta, on tukevuuden puute. Valmiskomponenttina saatava kulmansäätömekanismi, joka esiteltiin aiemmin, on selkeästi painavampi kuin yksittäiset tukijalat.

Yhtenä vaihtoehtona voitaisiin prototyypin rakennusvaiheessa huomioida tilanne, jolloin tarkastetaan se, kuinka suuret voimat seulan tankoelementteihin kohdistuu käytettävän tärymoottorin osalta. Mikäli voimien välittyminen seulan rakenteisiin on erittäin pientä, voitaisiin toteuttaa tankojen materiaali jollakin muovituotteella. Tarkastelin muovituotteista muun muassa PVC, PVDF ja PA materiaalien toimivuutta samoilla lujuustarkasteluilla, kuin aiemmin lujuuslaskennan vaiheessa. Pultruusion avulla saadaan putkirakenteille jäykkyyttä, jolloin saataisiin toteutettua tarvittavat jäykkyydet tankojen toiminnan kannalta. Tämän opinnäytetyön puitteissa ei keritty saamaan vastausta tiedusteluun esimerkiksi Exceliltä. Vaihtoehdossa voi tulla ratkaisevaksi tekijäksi Eviran määritykset materiaalin suhteen.

9.5 Ammatillinen kasvaminen työn edetessä

Työn alkuvaiheessa tuntui erittäin hankalalta aloittaa mallintaminen Creo Parametric 2.0 -ohjelmistolla, koska koulutustani vastaava suuntautumislinja ei ole mekaniikkasuunnittelu, vaan koneautomaatio ja tuotantotekniikka. Perusteet ohjelmiston käyttöön on tietenkin saatu, mutta kaikki tarkemmat ja vaativimmat kurssit olivat jääneet oman suuntautumislinjan kurssien kanssa päällekkäisiksi. Herääkin kysymys, miksi opinnäytetyön aihe valitaan juuri päinvastaiseksi kuin oma suuntautumislinja on. Kysymykseen on helppo vastata: nautin haasteista ja itseni voittamisesta. Aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja harrastan kalastusta myös vapaa-aikanani. Ohjelmistojen käyttöön on saatu peruskurssien tarjoama tietopohja. Edellä mainitusta seikasta johtuen projekti on ollut ammatillisesti erittäin kehittävä, koska olen joutunut opiskelemaan paljon koneautomaatiota ja tuotantotekniikkaa. Opinnäytetyöprosessin aikana olen päässyt tekemään teknisesti haasteellisia ratkaisuja. Projektin alkuvaiheeseen verrattuna ongelmien ratkaiseminen on entistä ammattimaisempaa ja hyödynnän jo automaattisemmin opinnoistani saatua teoretietoa käytäntöön. Samalla olen huomannut projektin läpiviennissä tärkeäksi sen, että on ammattitaitoisia ihmisiä ympärillä, joilta voi pyytää apua suurimpiin itseä askarruttaviin haasteisiin. Projektia ei viedä läpi yksin vaan tiiminä. Tiimi koostuu useasta palasta, joiden toimivuus ratkaisee projektin onnistumisen. Koen onnistuneeni tämän projektin osalta toimimaan osana tiimiä ja tekemään ratkaisuja niin omien kuin yhteisten ratkaisuvaihtoehtojen välillä. Opinnäytetyöprojekti on hyvä alku koko työuran ajan kestäväälle ammatilliselle kasvulle.

Lähteet

- Afak Techniek BV. 2010. <http://www.afak.nl/products/fish-processing-trawlers/afak-roller-grading-machine>
- Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, H., Miettinen, J., Niemi, E., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P., Verho, A., Vilenius, M. & Välimaa, V. 1995. Koneenosien suunnittelu. Juva. WSOY :n graafiset laitokset.
- G style As. 2014. <http://www.gstyle.com/en/download/AISI316.pdf>
- Ecolab® Oy. 2014. Tuotekatalogi. <http://productcatalogue.ecolab.fi/fi/>
- Eswecom Oy. 2013–2014. Carl Nylander. Suulliset haastattelut välillä marraskuu 2013–huhtikuu 2014.
- Evira. 2014. Esittely. <http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/esittely/>
- Fischtechnik international engineering GmbH. 2014. <http://www.fischtechnik-international.de/cms/images/stories/downloads/pdfs/FT-Brosch-Fischsortiermaschine-englisch-web.pdf>
- Fluorotech Oy. 2014. http://fluorotech.fi/files/mittakuvat/Teknisetmuovit_PA.pdf
- Hämäläinen, A. 2008. Helsingin yliopisto. Kokeellista fysiikkaa luokanopettajille. http://per.physics.helsinki.fi/luokanop/yhteiset/aani/labharj_12_6_08.html
- Jänsch, J. & Birkhofer, H. 2006. INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE. https://docs.google.com/viewer?url=http://www.designsociety.org/download-publication/18983/the_development_of_the_guideline_vdi_2221-the_change_of_direction&chrome=true. (s.47–48)
- Kalatukku H. Malinen. 2014. Suullinen haastattelu yritysvierailun yhteydessä 7.3.2014
- Leino, T. 2006. Staattisesti kuormitettujen hitsausliitosten suunnittelu. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/HitsLiitSuunn_19-7-2006.pdf.
- Lepola, P & Makkonen, M. 1998. Hitsaus- ja teräsrakenteet. Porvoo. WSOY- kirjapainoyksikkö (s.243–249)
- Lähteenmäki, M. 2009–2010. Värähtelymekaniikka. http://personal.inet.fi/koti/mlahten/arkistot/vmek_ark.htm
- Ms-Noise. 2014. Tuoteluettelo. http://www.msnoise.com/Vibration_vacuum_pump_dampening.html
- Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2005. Tekniikan kaavasto. Tampere. Karisto Oy. Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka. (s.12)
- Nettervibration. 2014. Tuoteluettelo/Tekniset tiedot. [http://www.nettervibration.com/cms/upload/prospekte/TD-Blattfedern-\[4280\]E.pdf](http://www.nettervibration.com/cms/upload/prospekte/TD-Blattfedern-[4280]E.pdf)
- Nupponen, E. 2014. Opinnäytetyön ohjauspalaveri. Suullinen haastattelu. 8.4.2014.
- Peltonen, H., Perkkiö, J. & Vierinen, K. 2000. Insinöörin (amk) fysiikka osa II. Jyväskylä. Lahden teho-opetus Oy. GUMMERUS kirjapaino Oy (s.66–72, s.107)
- Piirainen, M. 2014. Lehtori. Opinnäytetyöpalaveri 13.3.2014.
- Puukeskus Oy. 2014. Puun työstämisen pdf. http://www.puukeskus.fi/img/dyn/Puuinfo/puun_tyostaminen.pdf
- Rahkio & Mustalahti. 2012. http://www.sakl.fi/_doc/Kalan_kasittelyn_riskit.pdf
- Rantakangas, J. 2014. Opinnäytetyöprojektin yhteistyö välillä huhtikuu 2013–toukokuu 2014.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, 2014. http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/kuore/
http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/muikku/
- SFS EN-1993-1-4. 2006. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–4:yleiset säännöt. Ruostumattomia teräksiä koskevat lisäsäännöt. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

- SFS EN-1993-1-8. 2005. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1–8: Liitosten mitoitus. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS 2373. 1980. Staattisesti kuormitettujen teräsrakenteiden hitsausliitosten mitoitus ja lujuuslaskenta. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS 5907. 2006. Rakennusten akustinen luokitus. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
- Sterner fish tech as. 2014. <http://en.sterner.no.web1.siteman.no/produkter/utstyr-for-sortering/sorteringsmaskiner/fischtechnik/>
- Suvanto, K. & Laajalehto, K. 2008. Tekniikan fysiikka 2. Helsinki. Edita Prima Oy (s.203–227, s.260–268)
- Teohydrauli Oy. 2014. <http://www.teohydrauli.fi/PublishedService?file=page&pageID=9&itemcode=09509>
- Tiainen, M. 2014. Tuntiopettaja. Suullinen haastattelu. 14.3.2014.
- TT-Tärylaite Oy. 2014. Puhelinkeskustelu 10.4.2014.
- Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Jyväskylä. Gummerus kirjapaino Oy. (s.75 ja 80)
- Valtanen, E. 2010. Tekniikan taulukkokirja. Mikkeli. Genesis-kirjat Oy. (s.234–235, 411,461,463,484)
- Valtioneuvoston asetus 48/2005.
- Valtioneuvoston asetus 400/2008.
- Valtioneuvoston asetus 621/2001.
- Valtioneuvoston asetus 953/2006.
- Vibratec Oy. 2014. <http://www.vibratec.fi/sivut/moottori.htm#paineilmakorvaa>
- Wikipedia. Tekniikka vaatimuslista. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Tekniikka#Vaatimuslista>

Our Experience – Your Advantage

Technical data

Our fish graders work with all commercially important species: trout, salmon, carp, tilapia, perch, pike-perch, bass, bream, catfish, turbot and others.

	FGM-2	FGM-4	FGM-5	FGM-6
Grading size	9	5-1500	1-200	2-1500 100-8000
Outlets	3	3	3	3
Capacity	l/h	2-4	0.5-1	4-8
Transportlength	m	3.5	1.7	3.5
Total length	m	4.3	2.5	4.6
Width	m	0.8	0.6	1.5
Weight	kg	180	100	420
Water supply	l/s	8	4	15

Engine versions:
2x two-phase (230V)
2x three-phase (380V)

Options and Equipment

- Fish pump
- Tube
- Extra long inlet hopper
- Dewaterer inlet hopper
- Additional fourth outlet
- Long version with four outlets
- Adjustable height
- Grader-lift optimal for RAS
- Installation on trailer, boat or rail
- Trailer hitch
- Fish counter



The way to grade Fish!

- High precision belt-grading-system
- Well proven and patented
- 4 different standard models
- Long lifetime
- Special design possible



FISCHTECHNIK
INTERNATIONAL ENGINEERING GMBH

Fischtechnik International Engineering GmbH

Auf der Platte 1
D-37186 Moringen Deutschland
Telefon: +49 (0) 5555-99 545 0
Fax: +49 (0) 5555-99 545 30
Web: www.fte.de
E-mail: info@fte.de

FISCHTECHNIK
INTERNATIONAL ENGINEERING GMBH



Fish Grading Machines

Größe: 1000x1000 - 1000x1000 Foto: Fischtechnik International Engineering GmbH

We pamper your Fish



Fish Grading Machines

With our patented Fischtechnik belt-grading-system fish are graded gently and with high precision.

- Easy handling
- Maintenance free machine and motors
- Grading speed infinitely variable
- Made of seawater resistant aluminium
- Operation with fish pump, air-lift or by hand netting
- Standard models with pneumatic tyres
- Manufactured in our own Fischtechnik-factory
- Individual adjustments possible
- Special installations in combination with fish pumps or air lift aggregated on trailers, rafts or boats are possible



Standard-designs

FGM 2

Size range 5-1500g

Most successful model for grading all commercially important fish species from fingerling to market sized fish. The grader is equipped with a large inlet hopper to be fed by high performance fish pumps.



FGM 4

Size range 1-200g

Standard machine for fingerling and smolt production. These machines are already in use for grading salmon, trout, sea bream and carp all over the world.



Due to small turnover rates with small fish, this grader is usually fed by hand netting.

FGM 5

Size range 5-1500g

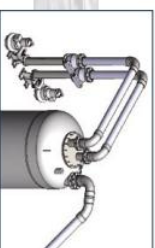
Double-belted grader for very high turnover per hour with Fischtechnik grading precision. This grader is perfectly suited for big fish farms.



FGM 6

Size range 100-8000g

The suitable grading machine for larger fish, starting from 100g upwards.



FGM 5

Polyamidi

PA (Nylon), polyamidi

Polyamideja voidaan pitää ensimmäisinä koneistusmuoveina niiden mekaanisten ja lämpötekniisten ominaisuuksien ansiosta. Polyamideja valmistetaan monia eri laatuja, joista yleisimmin käytetty on PA 6. PA:sta valmistetut kappale tuotteet ovat pinnaltaan kovia ja kulutuksen kestäviä. Niitä käytetään esimerkiksi äänettöminä laakereina ja hammaspyörinä, eikä niissä - jos kuormitus ei ole suuri - tarvita voitelua. PA 6:n melko suuri veden imeytyminen saattaa aiheuttaa ongelmia joissain sovelluksissa, mutta esimerkiksi PA 11:llä imeytyminen on huomattavasti pienempää.

Fluorotechin tarjoamilla laaduilla on FDA hyväksyntä elintarviketeollisuuteen.



Kuva: Copyright Ensinger GmbH.

Yleisimmät värit: luonnonvalkea, musta

Myös saatavana: erikoiskoot, PA66, PA12, erikoisosteet

Muita tuotteita: työstytyt valmisosat,

Tuote	Koko mm	Paksuus
Levy, koko	500x3000	8-60
Levy, koko	1000x2000	1-120
Levy, koko	2000x4000	6-30
Kudoslevy, koko	1500x3000 – 20 000	2-6
Pyörötanko, pituus	1000, 3000	Ø 16-400
Ainesputki, pituus	-	Ø

Ominaisuus	PA 6	Ominaisuus	PA 6	Ominaisuus	PA 6	Ominaisuus	PA 6
Fysikaaliset ominaisuudet		Mekaaniset ominaisuudet		Sähköiset ominaisuudet		Lämpötekniiset ominaisuudet	
Ominaispaino g/cm ³	1,14	Vetolujuus N/mm ²	50	Dielektrisyysvakio ϵ_r	7,0	Maksimi käyttölämpötila C	-200- +260
Kitakerroin	0,38-0,4	Murtovenymä %	>160	Eristehäviökerroin tan	0,3	Lämpölaajenemiskerroin mm/m C	0,16-0,19
Veden imeytyminen %	2,5-3,0	Kimmomoduli N/mm ²	1500	Ominaisvastus Ω cm	10 ¹²	Lämmönkestävyys lyhytaik. C	300
Työstö		Max taivutusjännitys N/mm ²	40	Pintavastus Ω	10 ¹⁰	Kidesulamislämpötila C	320-340
Liimattavuus	ei	Iskulujuus, GB=ei murren kJ/mm ²	GB	Ryömintävastus	KC>600	Lämmönjohtavuus W/ K m	0,23
Kuumailma hitsaus C		Lovi-iskulujuus kJ/mm ²	GB	Läpilyöntilijuus kV/mm	30-80	Paloluokka	B2
Puskuhitsaus C		Kuulapainekovuus N/mm ²	70				
Muhvihitsaus C		Kuluminen μ m/km	0,23				
Muotoilu C							

Takasin sisällysluetteloon

Aisi 316



Technical Specifications of AISI316

Material Description	Stainless Steel DIN 1.4401
DIN Specifications	DIN 1.4401, DIN 2463, DIN 17451
Specifications Equity	AISI 316, UNS S31600

Composition % per weight

Element	%	Notes
C	Max 0.08	
Cr	Max 18	
Ni	10 – 14	
Fe	62	
Mn	Max 2	
P	Max 0.045	
S	Max 0.03	
Si	Max 1	
Mo	Max 3	

Physical Properties

Description	Value	Notes
Density	8 gr/cm ³	
Hardness	95 HRB	
Hardness (annealed)	82 HRB	1100 °C, Cool rapidly

Mechanical Properties

Description	Value	Notes
Elastic Modulus	193 GPa	
Elongation % (break point)	50%	At 50 mm
Shear Modulus	86 GPa	

Main Characteristics

In atmospheric conditions stainless steel DIN 1.4401 has excellent resistance in rusting even with the presence of acids like nitric acid. The material has excellent resistance in alkaline solutions as well as organic and inorganic salts. In general this material is highly resistant to corrosion in atmosphere even in high salt spray like marine environments.

G-Style S.A. – Engineering Department

Our policy is to continuously improve and develop our products. Therefore, any photo, drawing or technical specification is indicative and may be altered without any previous notice.

P3-Topax®30



P3-topax® 30

**Nestemäinen, vahvasti emäksinen puhdistusaine
savustusuunien puhdistukseen**

- Soveltuu erityisesti rasvan ja savuhartsijäämien poistoon
- Erittäin tehokas rasva- ja proteiiniliikaa vastaan
- Hyvin kiinnittyvä vaahto

Ominaisuudet

Konsentraatti	Ulkonäkö:	Kirkas, ruskea neste *
	Varastointi:	0 – 50 °C
	Liukoisuus:	liukenee (20 °C) kaikissa suhteissa
	Tiheys:	1,28 – 1,32 g/cm ³ (20 °C:ssa)
	Leimahduspiste:	ei sovelleta
Käyttölous	pH:	13,1 – 13,5 (1 %, 20 °C, deionisoitu vesi)
	Johtokyky:	85 mS/cm (7 %, 25 °C, deionisoitu vesi) 115 mS/cm (10 %, 25 °C, deionisoitu vesi)
	Titraus:	6,0 – 6,5 ml * (50 ml 1%-inen liuos; 0,5 n HCl; fenoliftaleiini)
	Vaahtoamis- ominaisuudet:	vaahtoa, ei soveltu CIP-järjestelmiin

* Uuden erän tulotarkastuksessa käytettävät parametrit.

• **Soveltuvuus materiaaleille:**

Noudatettaessa jäljempänä mainittuja ohjeita
P3-topax 30 soveltuu seuraaville materiaaleille:

• **Metallit**

austeniittiset CrNi-teräkset (laatu väh. DIN 1.4301 = AISE 304)



- **Muovit** PE, PP, kova PVC (DIN 8061/62)
- **Muut** keramiikka

Käyttö

- **Savustamot**
 1. 7 – 10 %:inen **P3-topax 30** –liuos voidaan **suihkuttaa, vaahdottaa tai sumuttaa** (automaattisella) puhdistuslaitteella 70 – 90 °C:ssa.
 2. Vaikutusaika on 20 – 40 minuuttia. Prosessin aikana ilmaa tulisi kierrättää 80 – 90 °C:ssa kostean höyryn avulla.
 3. Pesun jälkeen huolellinen huuhtelu vedellä kaiken lian ja vaahdon poistamiseksi.

Tärkeitä tietoja!

- Kemikaaleja sisältävät jätevedet on hävitettävä viranomais määräysten mukaisesti.
- Kemikaaleja sisältävä jätevesi on neutraloitava ennen sen johtamista biologiseen jäteveden puhdistukseen.
- Poistettaessa kemikaalipitoisia jätevesiä on niiden mikrobittoksisuuteen kiinnitettävä huomiota. Tämä on erityisen tärkeää biosidien hävityksessä anaerobitokseksessa.

Lisätietoja saa Oy Ecolab Ab:sta.

Seuranta

Konsentraatin määrittely

- **Titraus**

Näyte:	50 ml käyttöliuosta
Titrausliuos:	n/2 HCl
Indikaattori:	Fenoliftaleiini
Titrauskerroin:	0.158

Kulutus ml x 0.158 = % **P3-topax 30**

- **Johtokyky** **P3-topax 30**:n erillinen johtokykytaulukko



Käyttöjärjestelmä

Suosittellemme **P3-topax 30**:n käyttöä varten Ecolabin **CHAMELEON HYGIENE SYSTEM**:iä. Chameleon-valikoimaan kuuluu avointen tilojen puhdistukseen tarkoitettuja puhdistuslaitteita.

- Kaikki Chameleon-järjestelmät sisältävät vaahdotus-, desinfiointi- ja huuhtelutoiminnot.
- Kiinteät ja liikuteltavat järjestelmät 20 – 40 barin paineella.
- Tilaasäästäviä ja tukevia.
- Erittäin turvallisia käyttää.
- Erikoislaitteet esim. savustushuoneisiin ja automaattiseen puhdistukseen.

Chameleon-esitteitä on saatavilla pyynnöstä.

Turvallisuus

P3-topax 30 on luokiteltu "syövyttäväksi" ("C"); se sisältää natriumhydroksidia ja kaliumhydroksidia.

HUOMIO!

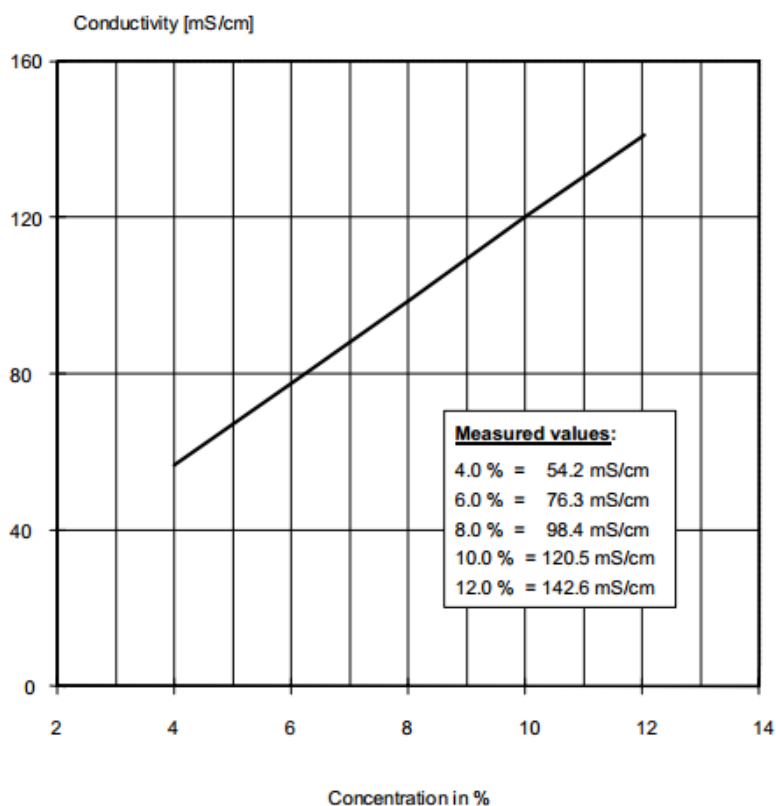
Pesu- ja desinfiointitoimintojen aikana, etenkin **korkeapainejärjestelmiä** käytettäessä, voi muodostua sumua. Nämä aerosolit koostuvat hienojakoisesta vesisumusta ja käytettävästä kemikaalista. Tällaisen aerosolisumun hengittämistä tulee välttää. Hengistysuojaimen käyttö on välttämätöntä.

(01/07)



P3-topax 30

Specific conductivity (25 °C, 0 °d)
Temperature coefficient: α : 1.42 % / °C



Tämän esitteen tiedot perustuvat sen laatimishetkellä saatavilla olleeseen tietoon. Esitteessä kuvataan **P3-topax 30**:n tyypillisiä ominaisuuksia tuotteen normaalia käyttöä varten. Tiedot eivät ole lainopillisesti sitovia. Koska useat seikat saattavat vaikuttaa tuotteen käyttöön, esite ei vapauta tuotteen käyttäjää tarkastamasta **P3-topax 30**:n soveltuvuutta käyttökohteeseen ja sen materiaaleihin. Tuotteen mahdollisia patenttioikeuksia ei saa loukata.

P3-Topax® 66**P3-topax 66**

Desinfiioiva emäksinen elintarviketeollisuuden vaahto-
pesuaine

KOOSTUMUS JA OMINAISUUDET

P3-topax 66 sisältää natriumhydroksidia, natriumhypokloriittia, ioniittomia tensidejä ja fosfonaatteja. **P3-topax 66** on vahvasti emäksinen, vaahtoava ja desinfiioiva puhdistusaine. Suuren tensidipitoisuuden ansiosta **P3-topax 66** irrottaa rasvaa erittäin tehokkaasti. Nopea bakteereja tappava vaikutus saavutetaan tuotteen sisältämän aktiivikloorin avulla. **P3-topax 66** sopii erittäin hyvin myös koville käyttövesille.

Ulkonäkö:	kirkas, kellertävä neste *
Säilytys:	0 – 40° C
Säilyvyys:	9 kuukautta
Liukoisuus:	liukenee veteen kaikissa suhteissa
Tiheys:	1,15 – 1,19 g/cm 3 *
P-pitoisuus:	0,1 %
N-pitoisuus:	0,17 %
COD:	89 – 109 mg O ₂ /g
pH:	11,8 - 12,4 (1%-nen käyttöliuos)

* Vastaanottotarkastuksessa käytettävät parametrit.

KÄYTTÖALUEET

P3-topax 66 soveltuu vaikeiden rasva- ja valkuaisainelikaisuuksien poistoon erittäin likaisilta ja värjäytyneiltä pinnoilta. Tuote soveltuu erityisesti lihanjalostustehtaiden lattioiden, laitteiden ja astioiden desinfiioivaan puhdistukseen.

SOVELTUVUUS MATERIAALEILLE

Noudatettaessa jäljempänä annettuja annostusohjeita **P3-topax 66** soveltuu seuraaville materiaaleille:

Metallit:	ruostumaton teräs, teräs, sinkki.
Muovit:	emäksiä ja hapettimia kestävät, mm. PTFE, PVDF ja kova PVC
Tiivisteet:	NBR, EPDM.
	Tuote ei sovellu alumiinille.

www.ecolab.com

Oy Ecolab Ab
Piispanportti 10
FI-02200 Espoo

Puh. 020 7561 400
Fax. 020 7561 498

**KÄYTTÖOHJE**

Kylmällä vedellä suoritettun esihuuhtelun jälkeen puhdistettaviin pintoihin vaahdotetaan 1 - 5 %:nen **P3-topax 66** -liuos. Suositeltava käyttöliuoksen lämpötila on noin 50°C (5 – 60° C). Vaahdon annetaan vaikuttaa 5 - 15 min., jonka jälkeen suoritetaan huolellinen jälkihuuhdelu puhtaalla vedellä. Vaativissa kohteissa käytetään pesun ja huuhtelun jälkeen erillistä jälkidesinfointia.

KÄYTTÖLIUKSEN TARKKAILU

P3-topax 66 pitoisuus käyttöliuoksessa voidaan määrittää johtokykykäyrän tai titrauksen avulla:

Titrauskerroin:	0,43
Näyte:	20 ml
Indikaattori:	fenoliftaleiini
Tiitteri:	0,1N suolahappo (HCl)

TURVALLISUUS

P3-topax 66 luokitellaan voimakkaasti syövyttäväksi (C).

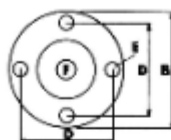
Lisätietoja käyttöturvallisuustiedotteesta.

3/2010

Tärymoottori VP 16



VÄRÄHTELYTEKNIikka
AUTOMAATIO



Käyttöalueet

Paineilmakäyttöisiä mäntätäryttimiä suosittelemme mm. annosteluun, tyhjennykseen, tiivistykseen, kuljetukseen, irrotukseen, seulontaan, lajitteluun sekä testaukseen.

Asennuskohteita ovat mm. tärykuljettimet, -seulat ja -putket, suppilot, tärypöydät sekä erilaiset konekonstruktiot.

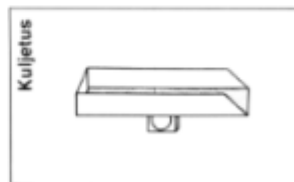
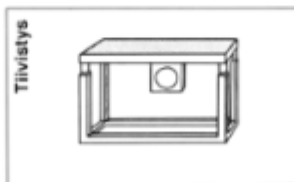
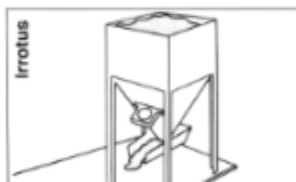
Hygieenisyytensä ja hiljaisen käyntiäänensä ansiosta tämä tärytintyyppi soveltuu erityisen hyvin mm. elintarvike- ja lääketeollisuuteen.

Jotta käynnistyvyys olisi moitteeton, asennuskulmaksi suosittelemme 30° ja paineeksi vähintään 2,5 bar.

Tekniset tiedot											
Tyyppi	Teho [N]	Paino [g]	Taajuus [min ⁻¹]	Ilmankulutus [l/min]	Mitat						
					A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	E [mm]	F [°]	G [mm]
VP 1	65	130	7600	11	95	45	20	34	5,5	1/8	7
VP 2	150	170	5550	12	115	45	20	34	5,5	1/8	7
VP 3	210	205	4100	11	135	45	20	34	5,5	1/8	7
VP 4	490	375	8600	33	125	60	30	48	6,5	1/8	8
VP 6	650	490	4700	35	155	60	30	48	6,5	1/8	8
VP 8	730	600	3800	32	185	60	30	48	6,5	1/8	8
VP 12	1475	780	6200	61	130	80	45	65	6,5	1/4	10
VP 14	1540	1100	3200	64	170	80	45	65	6,5	1/4	10
VP 16	1660	1400	2500	58	210	80	45	65	6,5	1/4	10
VP 20	2100	1850	4200	126	165	105	60	85	8,5	3/8	12
VP 24	2500	1930	2700	138	210	105	60	85	8,5	3/8	12
VP 28	2850	2500	1950	130	265	105	60	85	8,5	3/8	12
VP 33	3270	2750	3400	360	240	125	75	105	10,5	1/2	15
VP 38	3830	3300	2100	375	320	125	75	105	10,5	1/2	15
VP 44	4350	4200	900	310	380	125	75	105	10,5	1/2	15

Taajuuden ja amplitudin säätö

Taajuutta säädetään paineen säätöventtiilillä ja amplitudia paineilman ulostuloa kuristamalla. Paineilman kuristusventtiili on täryttimien vakiovaruste.



Vibratec Oy
Niittytie 4
FIN-82500 KITEE

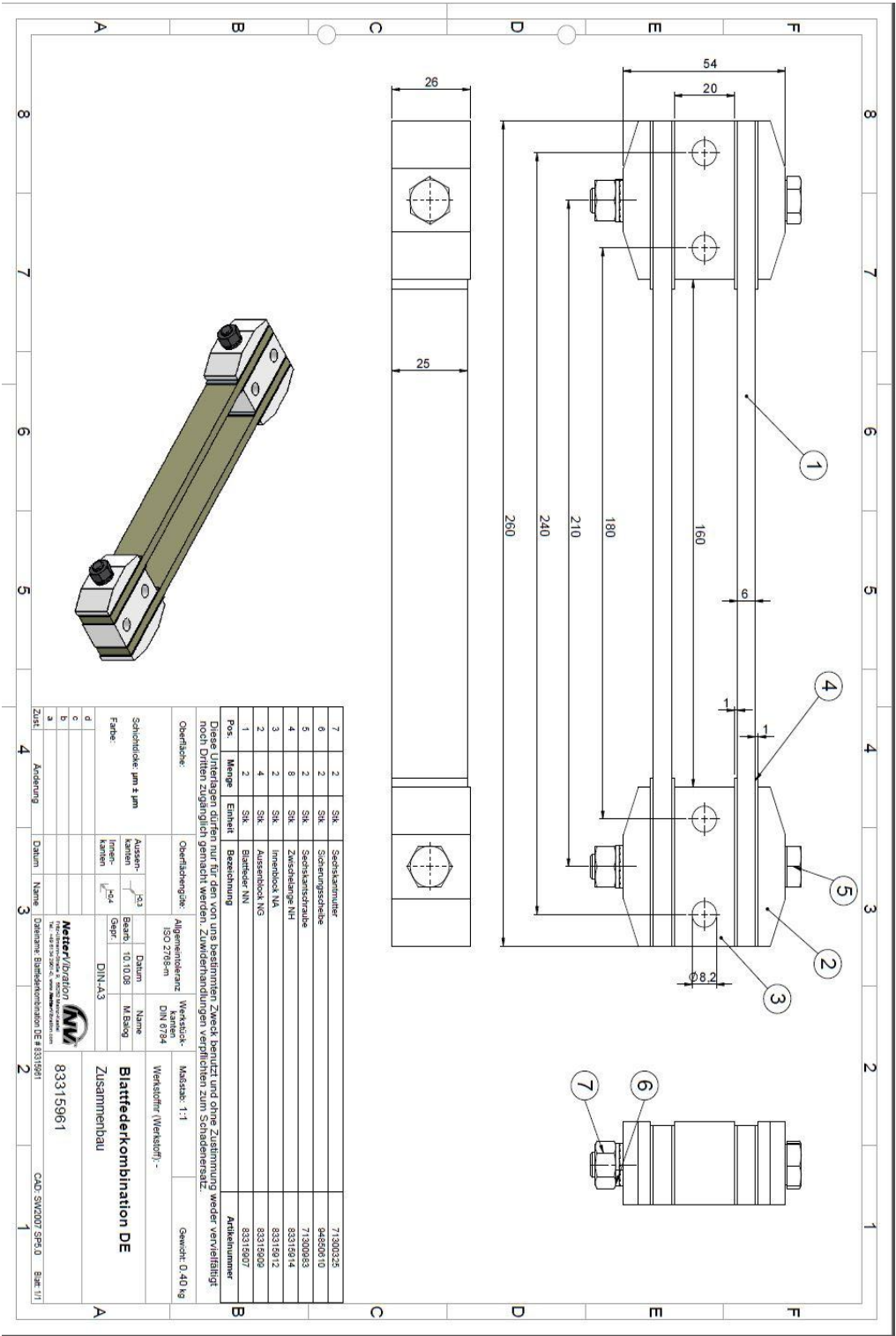
Puhelin
013-412 730
050-550 1976

Fax
013-412 731

Internet: www.vibratec.fi
Email: vibratec@vibratec.fi

4/4

Lehtijousikomponentti



Tukijalka-/ kulmansäätökomponentti

Absattelstütze Leicht L/K3
Trailer landing gear Light L/K3
Béquilles télescopiques jumelées Light L/K3



Sattelauflegerstützen für leichte Sattelzugmaschinen mit Auflieger bis zul. Gesamtgewicht 11,99 t (mautfreie Fahrzeuge)

- Ausgezeichnetes Leistungsgewicht, 50 % leichter gegenüber Standardstützeinrichtung
- Pulverlackbeschichtung
- Komfortable Bedienung durch radiusverstellbare Kurbel
- Allseitig neigbarer Kugelfuß, gleicht Bodenunebenheiten aus
- Leicht anpassbar an jeden Rahmentyp
- Kurbelwellenverlängerung erhältlich

Landing gears for slight tractor-trailers with semitrailers upto a total weight of 11,99 t

- Best power to weight ratio, 50 % less weight compared to standard trailer support
- Powder coating
- Easy to handle by adjustable crank radius
- Proven ball-joint foot adapts to uneven ground
- Easy adaptable to any type of frame design
- Exterior frame control optionally

3-3

Béquilles télescopiques pour VUL - Tracteur avec semi-remorque pour une charge totale de 11,99 tonnes.

- Poids réduit, 50% de gain par rapport aux béquilles standards de semi-remorque
- Revêtement par thermo laquage
- Commande manuelle confortable par manivelle repliable
- Patin plat inclinable et adaptable à tout état de sol
- Adaptation aisée pour tout type de châssis
- Prolongateur de manivelle en option

haacon hilft haben

haacon hebetchnik gmbh
Josef-Haumann-Str. 6
D-97896 Freudenberg/Main

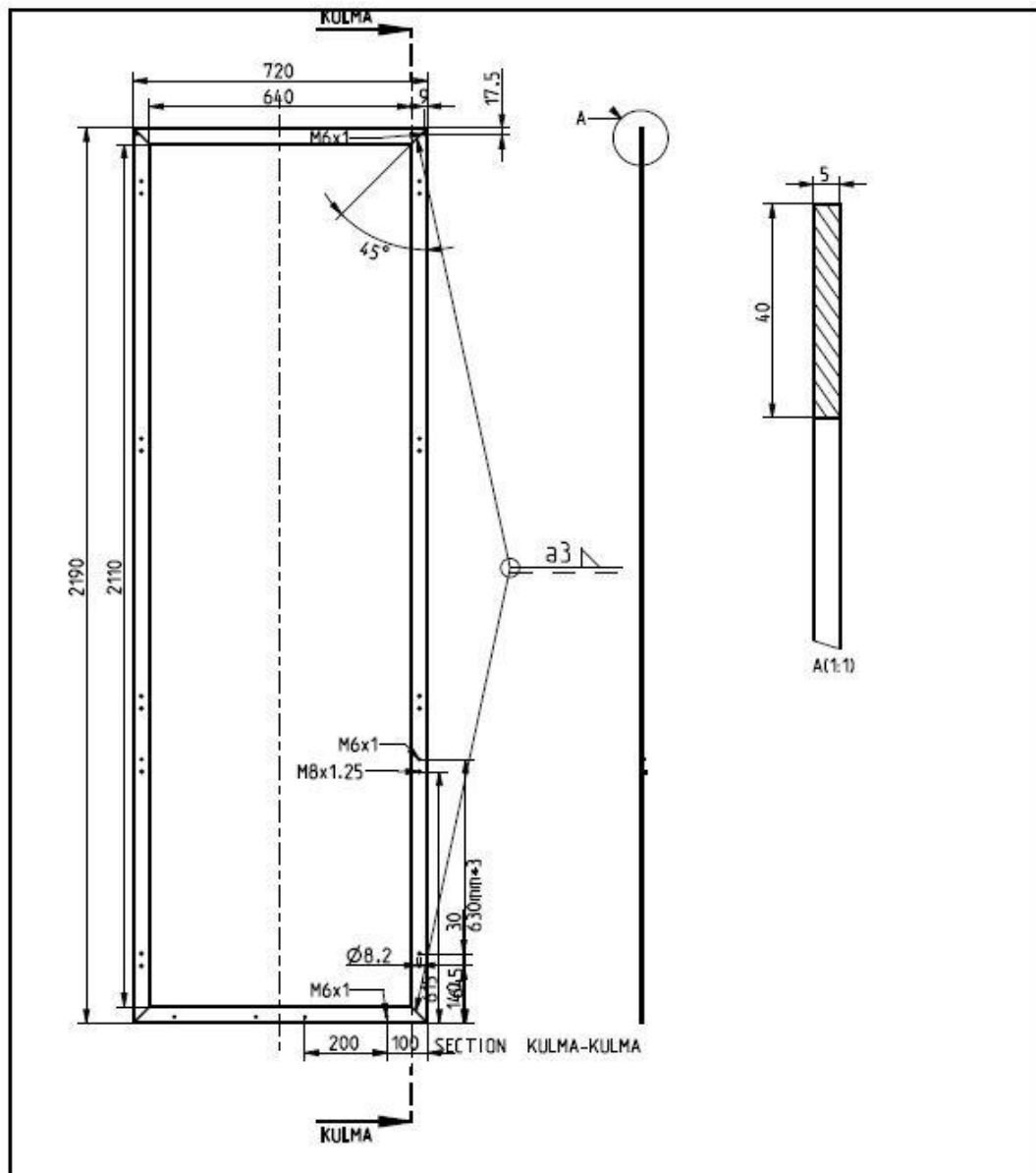
Tel.: + 49 (0) 93 71/66804-0
Fax: + 49 (0) 93 71/66804-66
e-mail: nutzfahrzeuge@haacon.de
Internet: <http://www.haacon.com>



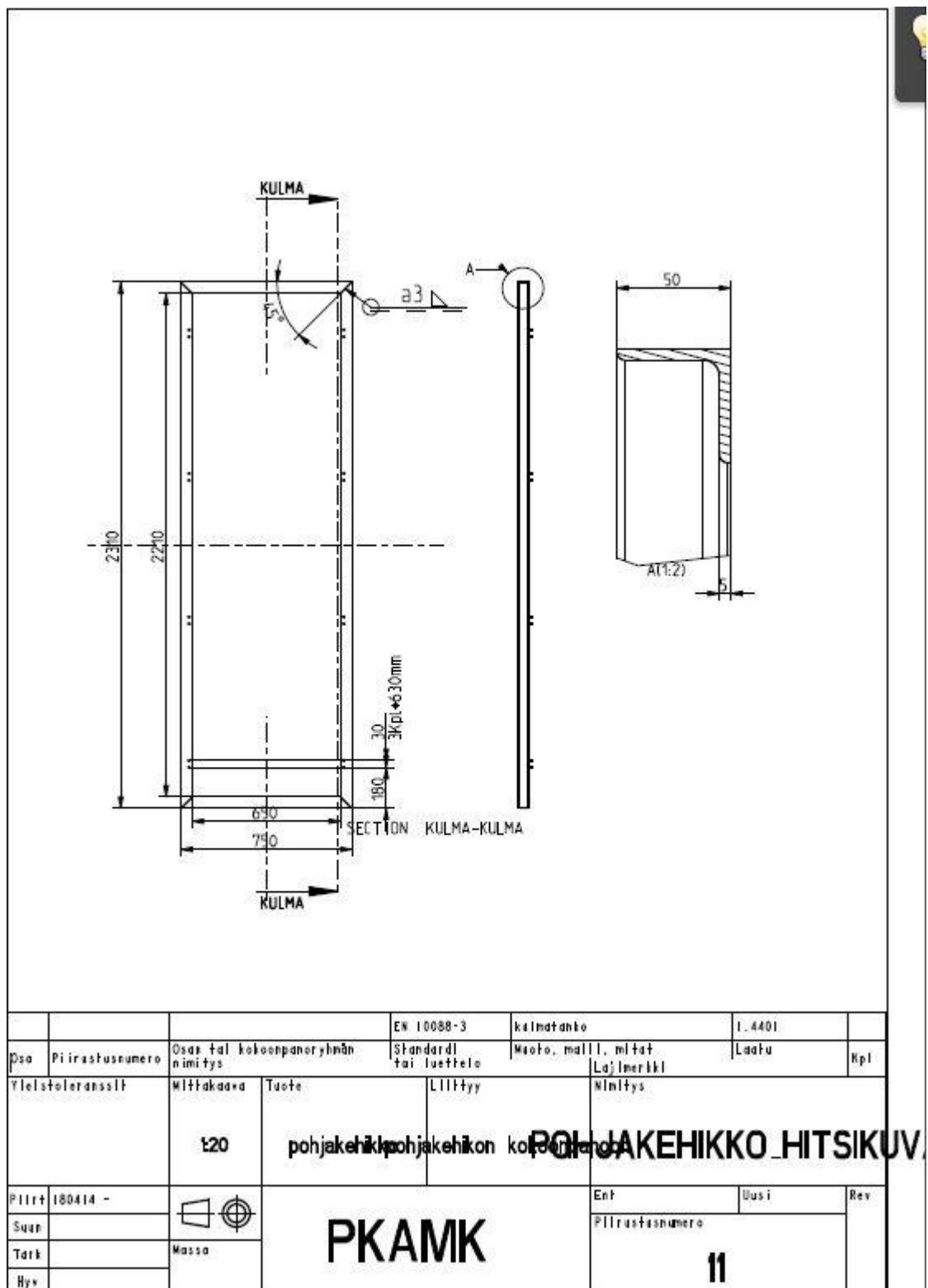
098 239[Ausg.:04 - 07/2011VWM/em]

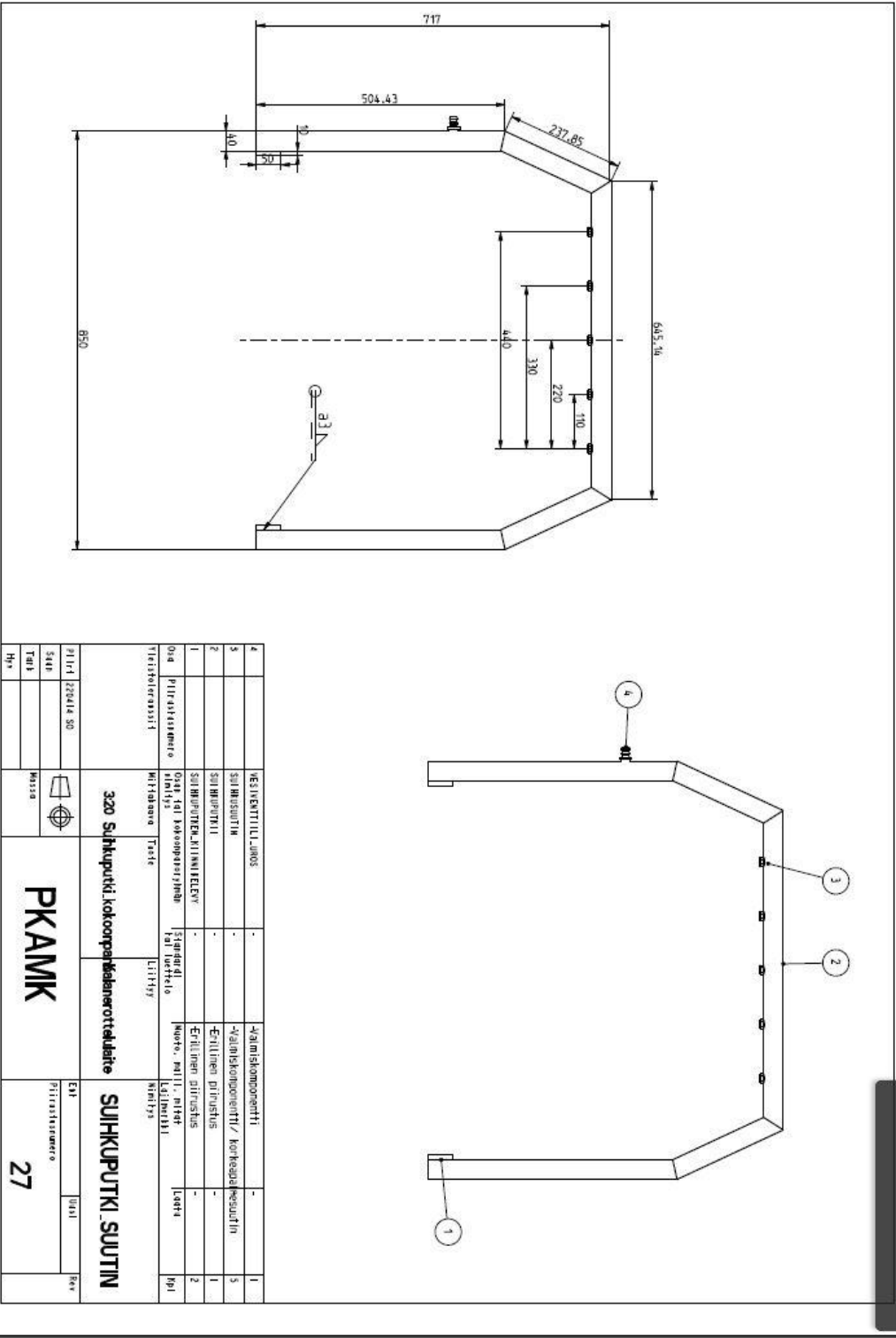
Maße und Konstruktionsänderungen vorbehalten.
We reserve the right to amend specifications without notice or obligation.
Nous nous réservons le droit de modifier les caractéristiques de son matériel.

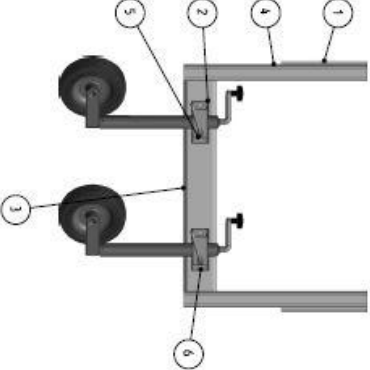
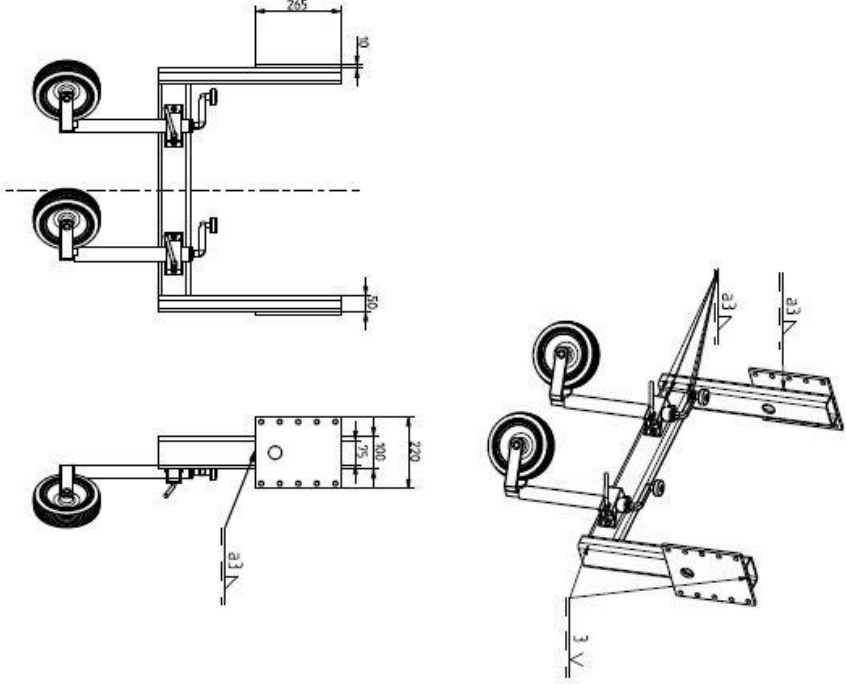
Hitsaus-/ Kokoonpano- ja osakuvat



			En 10088-2	Lattiarauta	1.4401		
Osa	Piirustusnumero	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, mitat	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Liittely	Nimitys			
	23:300	Valirunko hitsikuva	Valirunko	VALIRUNKO HITSIPULTTI			
Piirt	210414 -		PKAMK		Eni	Uusi	Rev
Suun					Piirustusnumero		
Tark	Massa				25.1		
Hyy							







№	Содержание	Единица измерения	Количество	Примечание
1	Стандарт	-	1	
2	Стандарт	-	1	
3	Стандарт	-	1	
4	Стандарт	-	1	
5	Стандарт	-	1	
6	Стандарт	-	1	

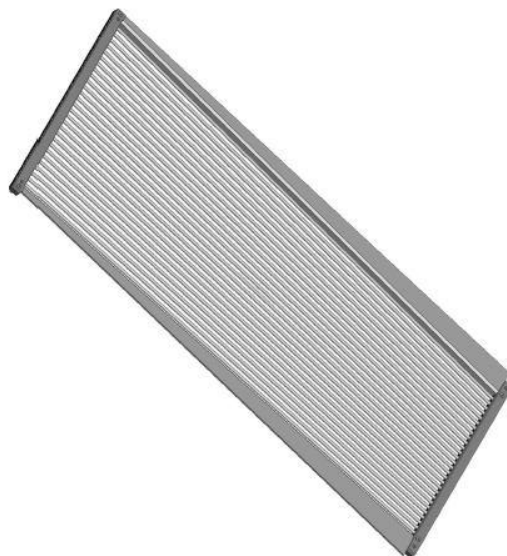
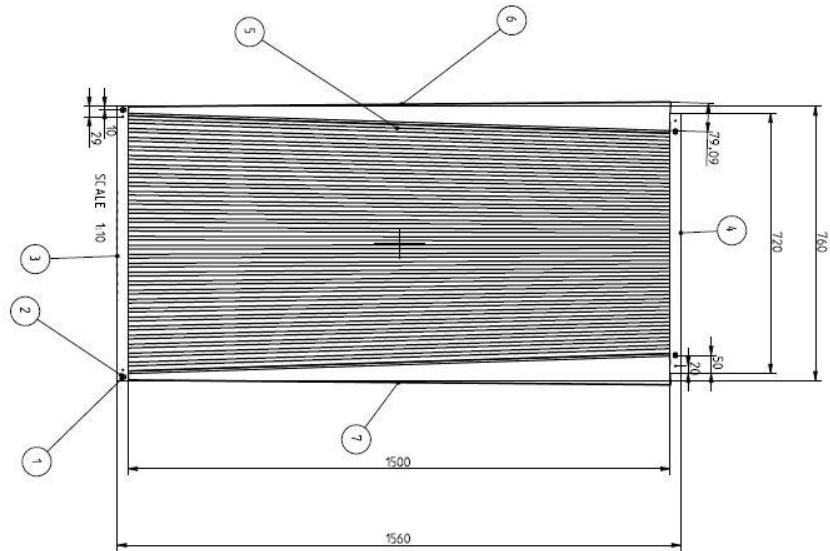
9100

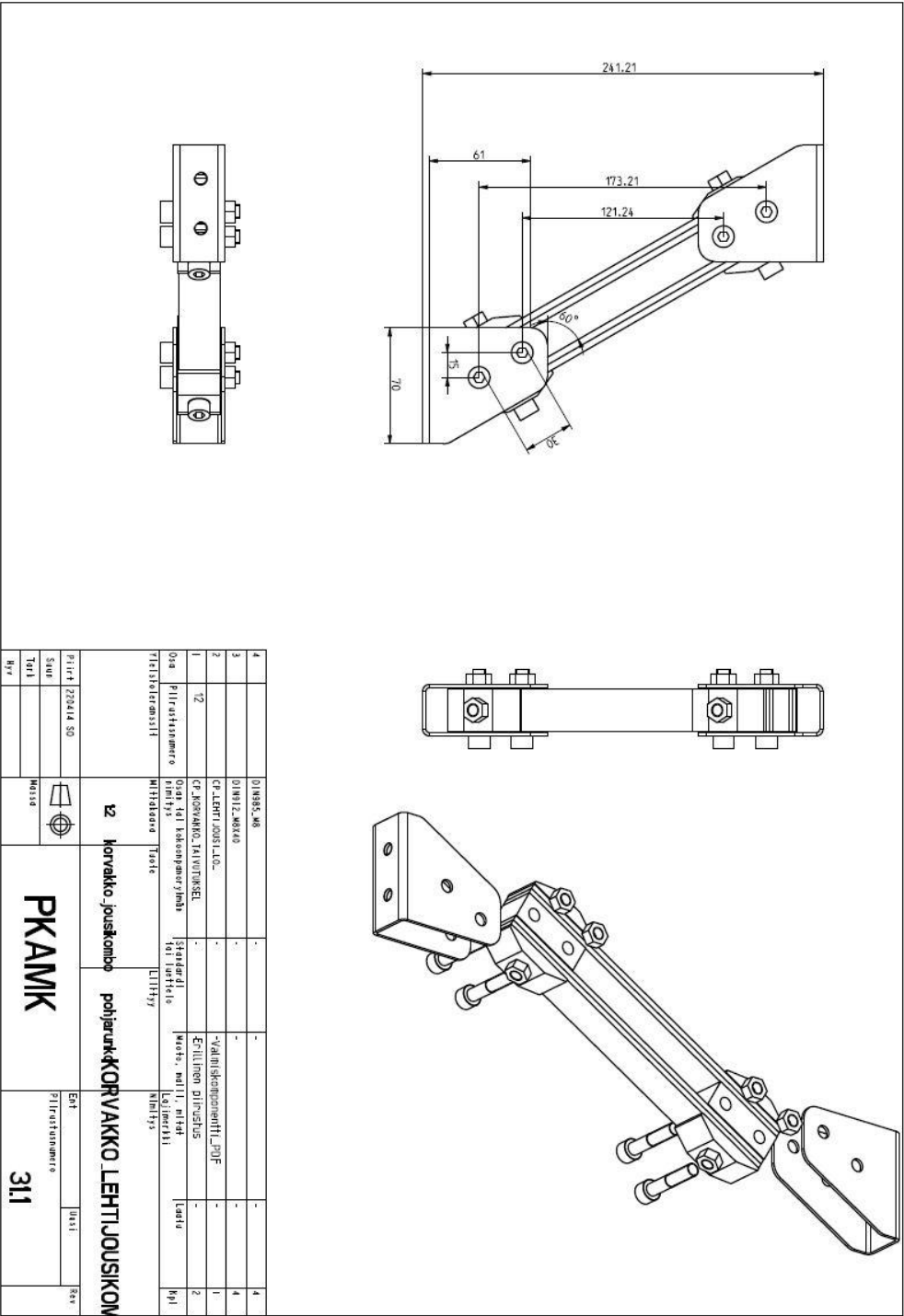
Европейский стандарт

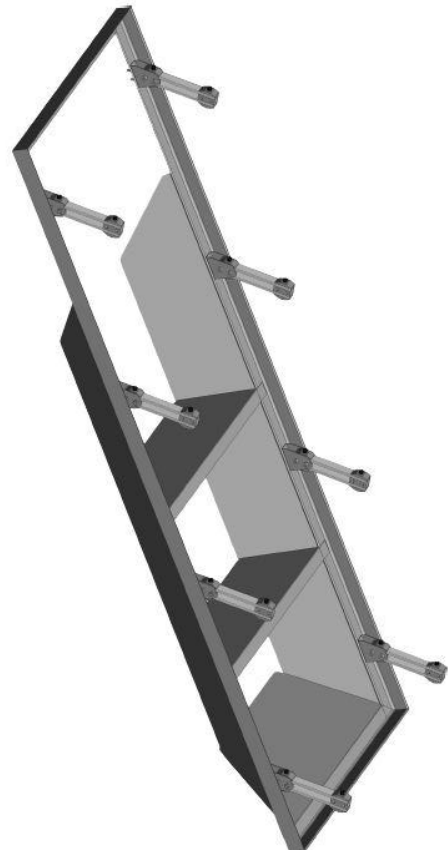
Калибры

PKAMK

20

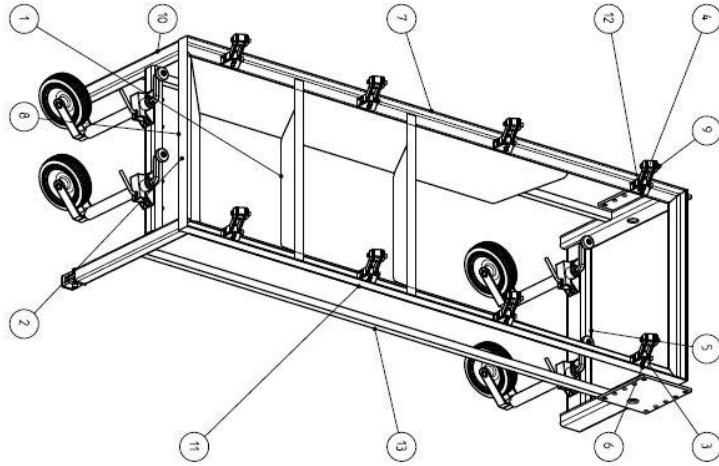
[illegible]

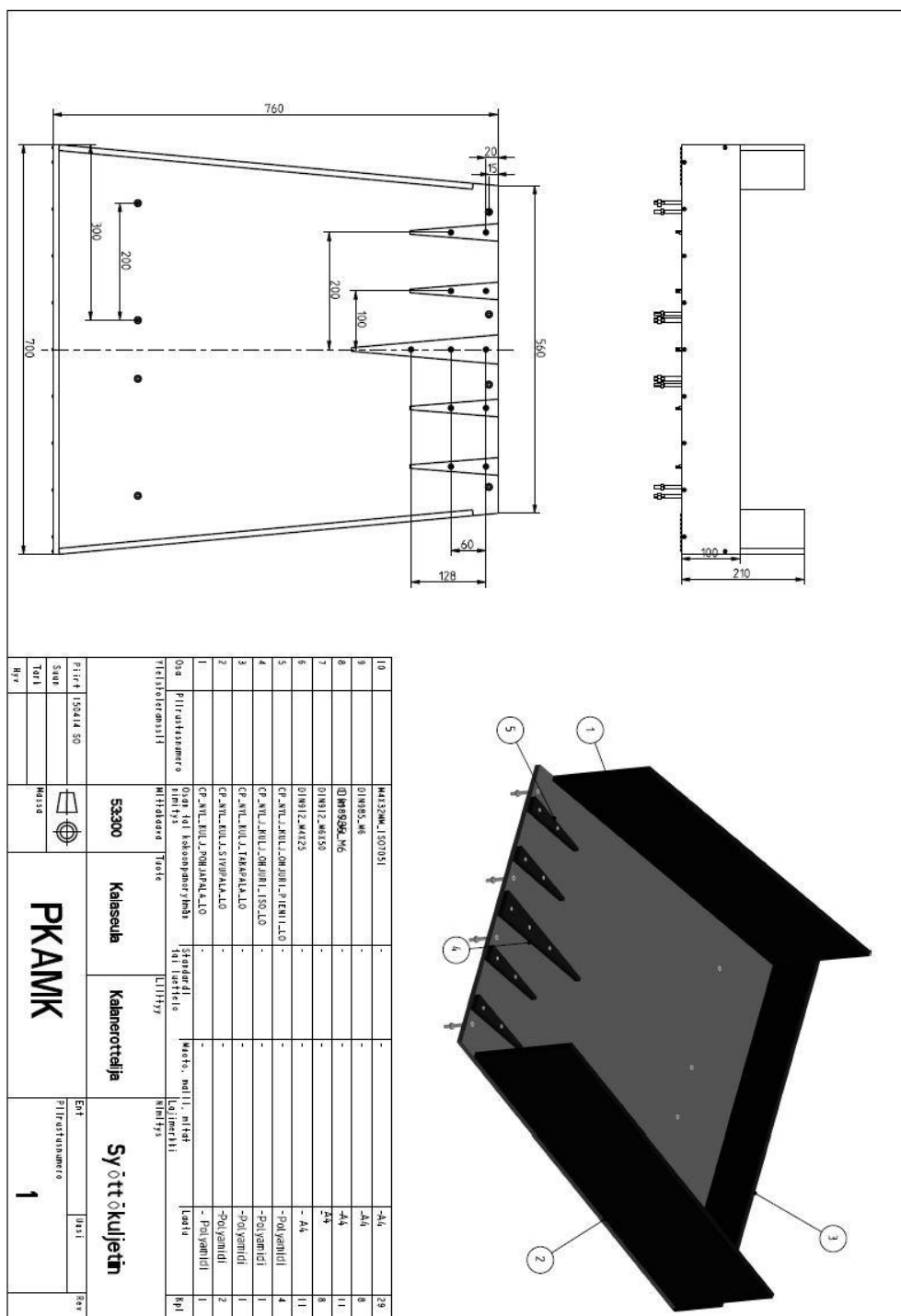


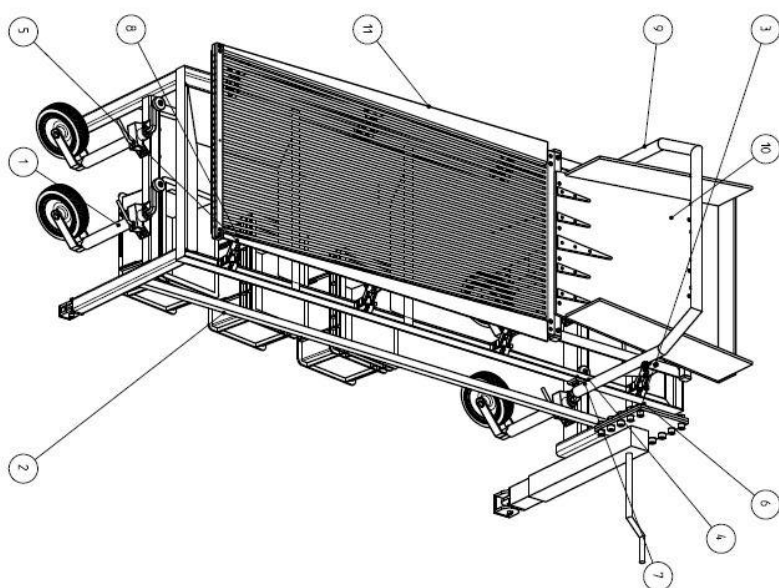


10	CP.DIN12.46	-	-	-	16																												
9	CP.AT11A.SIVBEL	-	-	-	2																												
8	CP.LEHTI.2005.LO.	-	-	-	8																												
7	CP.HILTANISO35015.PAAT	-	-	2	2																												
6	CP.HILTANISO35015	-	-	-	2																												
5	CP.AOVAKKO.TAI.VUTSIBEL	-	-	-	6																												
4	CP.DIN95.46	-	-	32	2																												
3	CP.DIN12.46K4.LO.	-	-	-	16																												
2	CP.3.OHJUTPEL	-	-	1	2																												
1	CP.1.OHJUTPEL	-	-	-	2																												
<table border="1"> <tr> <td>One</td><td>Pirttastennero</td><td>Osa tai kokonaisuus</td><td>Standardi tai laettilä</td><td>Määrä, mlk, määrä laettilä</td><td>Kpl</td></tr> <tr> <td colspan="2">Tietokortti</td><td>Mittokone</td><td>Taite</td><td>Mittaus</td><td></td></tr> </table>						One	Pirttastennero	Osa tai kokonaisuus	Standardi tai laettilä	Määrä, mlk, määrä laettilä	Kpl	Tietokortti		Mittokone	Taite	Mittaus																	
One	Pirttastennero	Osa tai kokonaisuus	Standardi tai laettilä	Määrä, mlk, määrä laettilä	Kpl																												
Tietokortti		Mittokone	Taite	Mittaus																													
<table border="1"> <tr> <td colspan="3"> KOKO Pohjaleikkaus lehtijauheleikkaus KOKOAKSEN LEHTIJOUSI PIIRUS </td><td colspan="3"> KOKO PKAMK </td></tr> <tr> <td>Piirust.</td><td>ISO14.50</td><td rowspan="3"> </td><td colspan="3"> Piirustustunnus 30 </td></tr> <tr> <td>Säätö</td><td></td><td colspan="3"> Erit. 0411 </td></tr> <tr> <td>Taite</td><td></td><td colspan="3"> Koko 30 </td></tr> <tr> <td>Mitt.</td><td></td><td>Mittokone</td><td colspan="3"></td></tr> </table>						KOKO Pohjaleikkaus lehtijauheleikkaus KOKOAKSEN LEHTIJOUSI PIIRUS			KOKO PKAMK			Piirust.	ISO14.50		Piirustustunnus 30			Säätö		Erit. 0411			Taite		Koko 30			Mitt.		Mittokone			
KOKO Pohjaleikkaus lehtijauheleikkaus KOKOAKSEN LEHTIJOUSI PIIRUS			KOKO PKAMK																														
Piirust.	ISO14.50		Piirustustunnus 30																														
Säätö			Erit. 0411																														
Taite			Koko 30																														
Mitt.		Mittokone																															

 Click on Tools to convert files to PDF.

[illegible]



[illegible]

